

As concepções sobre incerteza nas medidas em um museu de ciências: construindo categorias de análise♦

Mário Conceição Oliveira ^{a,b} [macoli@if.usp.br]

Fábio Marineli ^b [marineli@if.usp.br]

Zwinglio O. Guimarães-Filho ^b [zwinglio@if.usp.br]

Jesuína L. A. Pacca ^b [jesuina@if.usp.br]

^a Estação Ciência da Universidade de São Paulo

^b Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Introdução

Um museu de ciências é um local repleto de desafios ao pensar dos visitantes, em particular dos alunos, que se deparam com uma nova realidade muitas vezes não visualizada nas salas de aula. Neste momento o indivíduo pode experimentar seus modelos teóricos e alternativos na tentativa de explicar e compreender alguns fenômenos físicos.

Assim, um museu de ciências é local privilegiado para pesquisar as concepções espontâneas que cada pessoa possui com relação a tais eventos. Em especial estamos interessados em pesquisar as concepções sobre medida que podem estar presentes nas manifestações desses visitantes.

Uma coisa deve ficar clara, um museu de ciências não pode ser visto nem como laboratório de demonstrações, nem como uma nova perspectiva de ensino. Deve assumir sim um caráter de divulgação científica, tornando-se um espaço de apoio com a perspectiva de incentivar a curiosidade dos alunos. Possui um caráter educacional, que tem como objetivo despertar curiosidade e senso crítico.

A ciência assume nestes espaços uma condição cotidiana e fantástica, pois os visitantes podem entrar em contato com diversos aspectos que vão desde equipamentos utilizados no dia a dia até experimentos que só são possíveis em espaços dedicados à divulgação científica ou pesquisa.

Esta visão torna claro que a perspectiva de um museu de ciências que utilizamos neste trabalho é a de um espaço de questionamento e divulgação, e não um espaço de apenas divulgação, onde simplesmente a curiosidade e o lúdico determinam o funcionamento.

A Estação Ciência é um Centro de Difusão Científica, Tecnológica e Cultural da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da Universidade de São Paulo. Têm como objetivo oferecer à população, principalmente por meio de exposições, oportunidades de conhecer e analisar fenômenos, teorias e pesquisas científicas, sendo possível em certos casos que o participante seja ativo neste processo, podendo controlar e variar algumas condições dos experimentos com os quais está interagindo.

As exposições da Estação Ciência abrangem várias áreas do conhecimento e ocupam aproximadamente 4600 m² divididos em quatro espaços denominados “Plataforma Ciência”, “Plataforma Tecnologia”, “Plataforma Informática” e “Plataforma Cultura”.

O público alvo são os alunos de ensino fundamental e médio, mas também existe um grande número de visitantes espontâneos fora deste perfil; esse público, em geral, constitui para nós um universo muito interessante para o tipo de investigação que propusemos.

A Estação Ciência é visitada por cerca de 13.000 pessoas por mês, entre estudantes professores (9.000 pessoas) e público “leigo” (4.000 pessoas). O trabalho de atendimento é conduzido por monitores especialmente treinados para isso e em geral cada monitor interage com cerca de 20 pessoas durante 15 minutos, por apresentação, sendo cerca de três apresentações por hora de trabalho.

É impossível começar uma pesquisa sem ter de forma muito clara os objetivos desejados. Tendo tais objetivos focalizados inicia-se a procura dos métodos mais adequados a serem utilizados para a busca dos resultados. A pouca referência na literatura com respeito ao conteúdo que abordamos e ao contexto em que os dados são gerados, faz com que a elaboração do instrumento já seja em si uma pesquisa.

Pesquisa: das expressões para as concepções dos visitantes

A construção de um instrumento de pesquisa para análise de dados ligados a concepções espontâneas é um passo importante, necessário e essencial de um trabalho de pesquisa em ensino. As categorias devem ser estabelecidas de forma criteriosa dando conta das manifestações dos indivíduos bem como das hipóteses levantadas pelos pesquisadores. Uma análise detalhada dos registros, observações e gravações em áudio e vídeo nos permitiu propor algumas categorias e esperamos que a interpretação desses resultados preliminares levem a estabelecer uma estrutura de características que possam representar modos de pensar ligados aos conceitos de medição que queremos estudar.

Construir categorias de concepções espontâneas sobre medições em um museu de ciências é um desafio que começa pelo fato de que as situações não são inteiramente reprodutíveis. Isto faz com que um momento perdido não possa ser recuperado. Além disso, o contato com cada indivíduo ocorre apenas uma vez, não permitindo outro contato, caso a pesquisa apontasse necessidade.

O mais fascinante é que por outro lado a não reprodutibilidade completa dos dados, propicia a verificação de semelhanças entre as situações e concepções manifestadas pelos indivíduos de diversas origens e em condições muito diferentes. Isto acaba por enriquecer o instrumento de análise em construção e deverá contribuir para uma interpretação mais rica e resultados significativos sobre a compreensão das pessoas sobre medida e do relacionamento da mesma com a realidade observada. Nosso objetivo é conhecer as concepções dos sujeitos, relacionadas ao conteúdo físico presente no conceito de medida e sua representação na Física. Para isso deveremos aprofundar o conhecimento sobre o significado que esses conceitos carregam e a relação que estabelecem com uma visão de realidade e de ciência que procura representá-la. As informações que procuramos estarão certamente apresentadas nos dados brutos em fragmentos ou em idéias rudimentares - indícios das formas elaboradas cientificamente.

Sendo assim, o instrumento de análise desses dados também deverá ser produzido, com critérios adequados para um campo de dados essencialmente qualitativos e coerentes com as hipóteses ligadas ao conceito estudado, no que ele tem de essencial e fundamental. Isto é, trata-se de construir categorias para concepções que dizem respeito à medida e à incerteza na ocorrência de um evento constituído pelo experimento chamado *trenzinho mecânico*.

A pesquisa está sendo conduzida na Estação Ciência da Universidade de São Paulo. Com a demonstração do “trem de inércia”: um trem que atira uma bolinha para cima, estando em movimento retilíneo uniforme, e a recolhe posteriormente na chaminé.

O trenzinho mecânico

Um trem percorre um trilho horizontal e em um determinado instante ele lança para cima pela chaminé uma bolinha sem interromper seu movimento pelo trilho. A bolinha de aço sobe e desce sob o efeito da aceleração da gravidade. Como a bolinha se desloca na horizontal com a mesma velocidade do trem, ela deve retornar à chaminé. Para um observador no solo, a composição dos movimentos da bolinha resulta numa parábola.



Figura 1 - Foto do trenzinho mecânico

O projeto e a montagem do experimento levam em conta a dificuldade em precisar o lugar de queda e, utilizando a modelagem da teoria, procura dimensionar os dispositivos para garantir o sucesso do resultado esperado; . Também foi dada uma “margem de erro” que foi testada empiricamente. Espera-se assim que o lugar da queda fique limitado ao círculo do funil na chaminé. Isto se justifica porque para demonstração na Estação Ciência o importante é que a bolinha volte ao seu lugar depois de atravessar o túnel.

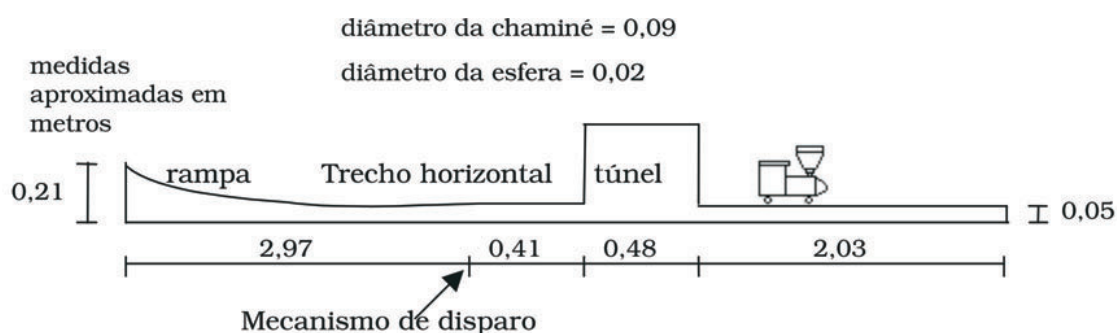


Figura 2 - Esquema do trenzinho de inércia

Mesmo assim, ainda deixa uma probabilidade de que a bolinha caia fora e é justamente com isso que se trabalha esperando que o observador possa fazer alguma relação do sucesso com as condições do experimento, tais como o diâmetro da chaminé.

O fenômeno físico em questão é descrito formalmente pela composição dos movimentos que definem a trajetória da bolinha. Basicamente, as leis de Newton resolvem o problema. O fenômeno é especial para o estudo da lei da inércia, porque para o senso comum, é surpreendente que a bolinha mantenha seu movimento horizontal e é isto que a demonstração da rotina da E.C. pretende explorar. Entretanto, não é essa a questão que se coloca para nós, nesta pesquisa. Um enfoque nas leis de Newton poderia tratar como secundário o fato da bolinha não cair exatamente na chaminé porque o fenômeno idealizado se relaciona teoricamente com a inércia e a composição de movimentos. Esse é também o objetivo específico da demonstração na E.C. Entretanto, para nós, os alunos e visitantes passaram a ser observados nas suas expressões a respeito da incerteza envolvida no acertar o alvo e até mesmo instigados e questionados com esta intenção.

Com essas preocupações e depois de experienciar a demonstração e as respostas dos visitantes por algumas vezes, desenvolvemos um roteiro semi-estruturado para a condução da experiência. A mesma é apresentada e após a fase da surpresa que alguns apresentam pela ocorrência do fenômeno, procura-se desviar a atenção dos visitantes para a questão da bolinha cair dentro ou fora da chaminé e também para questões correlatas envolvidas que interessam para a pesquisa.

Resultados preliminares

1. Foco nas leis de Newton

Os resultados preliminares envolvendo o experimento do trenzinho de inércia apresentam inicialmente dois grupos principais de visitantes: aqueles que possuem algum conhecimento prévio do conceito de inércia, o que o diferencia de forma considerável quanto à sua expectativa e conseqüente reação e explicação para os eventos ocorridos, e aqueles que se surpreendem com a bolinha que acompanha, na horizontal, o movimento do trem. Entre estes estão principalmente os alunos de ensino fundamental e visitantes espontâneos, leigos em Física.

A literatura que trata de pesquisas em aprendizagem de física mostra que concepções espontâneas sobre movimento geralmente associam-no a uma força motriz, à qual o objeto está sujeito (Viennot, 1979; Caramazza, 1981). Trajetórias e velocidades são diretamente relacionadas com forças e a composição de movimentos é algo extremamente formal para ser concebida. O próprio conceito de inércia, presente nos fenômenos do dia a dia, é inconcebível para o senso comum, mesmo quando enunciado claramente.

Fazendo previsões do fenômeno apresentado, antes do lançamento do trem, quatro opiniões são caracterizadas, com relação ao movimento da bolinha, descritas a seguir:

Ir para frente (sem determinar onde cai)

Para este grupo a reação após o experimento é sem empolgação, caracterizada pela constatação, isto é, ocorre o que já era esperado.

As explicações para o movimento são várias:

A primeira diz que a esfera “anda junto com o trem”; nesta explicação parece existir um indício do conceito de inércia.

A segunda explicação é a de que existe uma força na esfera como um “ímpetus”, que garante a manutenção do movimento horizontal. Por exemplo, afirmando que a esfera é atirada para frente pelo trem.

A terceira e mais comum é que a esfera mantém o movimento devido a uma força eletromagnética que a atrai para o trem (a esfera é de metal). Isto provavelmente é sugerido pelo fato do experimento soltar uma faísca no momento de disparo.

Quanto ao conceito de incerteza, pode ser que esteja presente, mas os alunos contentam-se com o fato da esfera ir para frente; a discussão sobre o local preciso da queda da esfera torna-se secundária, frente ao questionamento sobre a velocidade do trem e seu papel para o resultado da experiência.

Ficar para trás e cair no mesmo lugar

Este grupo tem uma reação de surpresa com o fato da esfera cair à frente, passando por cima do túnel. Mesmo assim procuram justificar posteriormente apelando para a “força magnética” utilizada pelo grupo anterior.

Cair para trás

A justificativa da previsão refere-se a uma compensação de movimentos, como o trem vai para frente a esfera vai para trás para compensar. (Pode ser eventualmente uma idéia de “reação”!)

Acompanha o movimento horizontal do trem

Este grupo caracteriza-se por indivíduos que talvez compreendam o conceito de inércia, com a idéia da composição e independência dos movimentos. Às vezes pode-se perceber que se trata de resposta pronta sem sentido. Normalmente é formado de alunos de nível médio e professores de ciências. A única expectativa prévia deste grupo é de que a esfera caia dentro da chaminé e as reações ao experimento variam de acordo com o resultado obtido, isto é, a esfera cair dentro ou fora da chaminé. Quando cai fora afirmam que são necessárias outras tentativas até chegar ao acerto, sem no entanto conceber que isto também obedece a uma teoria estabelecida.

Quando o experimento funciona as descrições assumem um certo conformismo. Consideram o diâmetro importante, mas dificilmente o mencionam, a não ser que sejam instigados a isto; quando o experimento não funciona na primeira vez, as descrições mudam e surge uma procura pelo motivo que fez o evento não ocorrer. Estas justificativas, podem ser resumidas: o trem atira a esfera com um ângulo de inclinação para trás, determinando assim a queda da esfera, atrás do trem; a esfera sofre algum atrito do ar; o trem acelera enquanto a esfera acabou de ser atirada

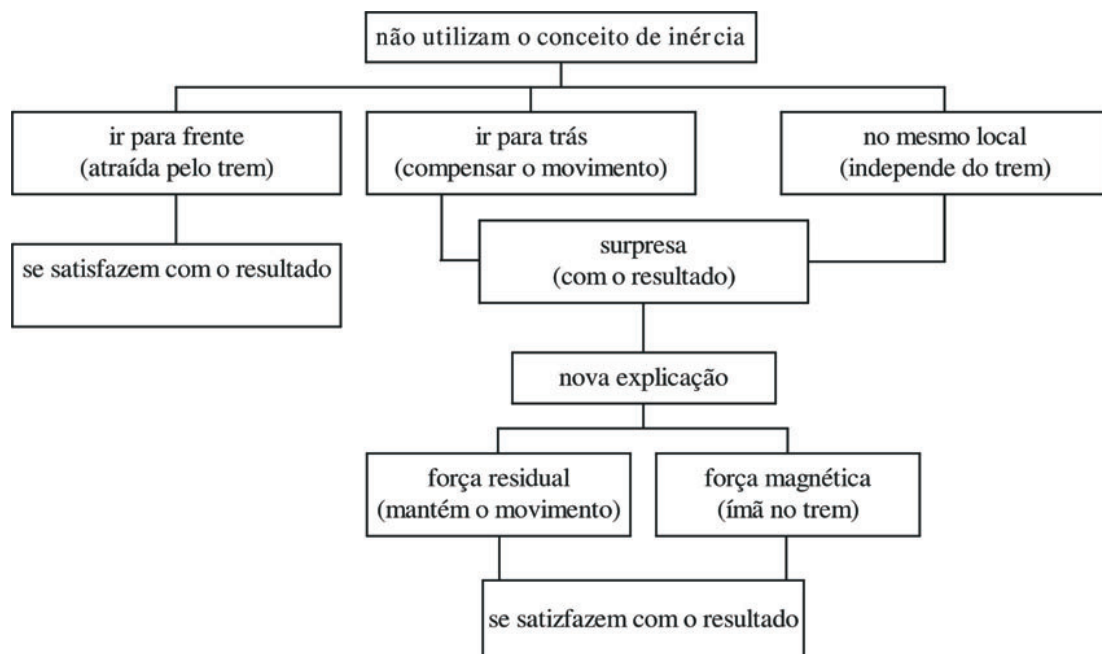


Figura 3 - Seqüência esperada ao longo da demonstração

Para todos os casos os visitantes determinam duas principais soluções possíveis para melhorar o funcionamento. A primeira teoria que levantam é a de que se variassem a velocidade esses efeitos seriam minimizados, tornando assim o experimento mais eficiente; neste caso não há avanço com relação à incerteza compulsória de uma medida. Uma segunda sugestão, para nós particularmente interessante, corresponde a alterar o diâmetro da chaminé.

2. Foco na incerteza da medida

A primeira solução será considerada por nós como uma idéia, por parte dos visitantes, de um defeito dos dispositivos, talvez numa referência a um erro sistemático. A segunda levanta a possibilidade do “mais ou menos” numa referência possível à incerteza da medida. Esta segunda solução nos leva a explorar, com os participantes, a estatística no experimento e a possibilidade de alterar criteriosamente o tamanho da chaminé.

Roteiro para apresentação

A condução da apresentação é a questão importante a ser considerada neste momento no nosso caso; ela deve procurar respostas observáveis através de expressões gerais ou verbais e permitir o registro para análise posterior, sendo que o conteúdo de interesse é a incerteza na medida. A forma e os caminhos para conduzir a apresentação aos visitantes foi construída empiricamente a partir do feedback gerado por algumas apresentações iniciais- depois da análise de quatro(?) seções gravadas em vídeo chegamos a um roteiro atual que, eventualmente, poderá ainda ser modificado durante o processo e é encarado por isso como semi-estruturado.

O trem é largado do alto de uma rampa e parado antes do disparo da bolinha. Os visitantes são questionados sobre que tipo de movimento a bolinha irá executar. Essa expectativa e a surpresa em seguida devem formar o contexto para explicações e, evidentemente, para questionar o sucesso final e as ocorrências mal sucedidas.

O primeiro foco sempre aparece, mesmo que na seqüência da apresentação se encaminhe para o outro foco, na incerteza obrigatória da medida, o que quase sempre depende de estímulo na condução do apresentador. Para os que já conhecem, mesmo que superficialmente, o conteúdo físico, a seqüência de respostas segue um esquema do tipo:



Figura 4 - Seqüência esperada ao longo da demonstração

Estes roteiros mostram de forma um pouco mais clara como está organizado o pensamento dos grupos e como poderemos dirigir as perguntas e o experimento.

Tornar o movimento parabólico de interesse secundário faz com que não exista questionamento sobre se a bolinha vai para frente ou não, se tende a acompanhar o movimento do trem. Neste ponto começa nosso trabalho com questões do tipo: “A bolinha cairá sempre dentro da chaminé?” “O que é importante para que isto ocorra?” “É possível ocorrer sempre este movimento?” Um roteiro de questões numa condução semi-estruturada foi importante para gerar respostas autênticas e significativas do pensamento dos visitantes com relação ao conteúdo de interesse. Assim procuramos explicitar o

objetivo de cada passo, permitindo que nos intervalos se respeitasse o caminho sugerido pelos observadores.

As apresentações foram gravadas em áudio e vídeo, com posterior transcrições das fitas; além disso fizemos alguns registros escritos o que nos ajudou muito nos momentos em que os ruídos, típicos que um museu de ciências impossibilitavam o entendimento dos registros.

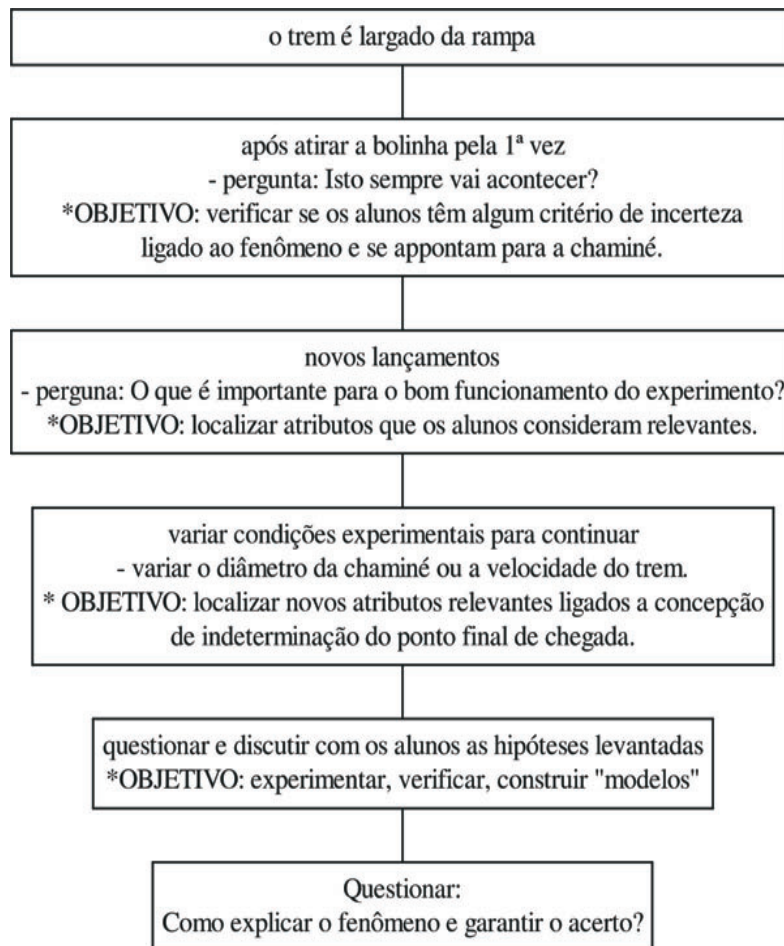


Figura 5 - Roteiro de condução da apresentação

As perguntas são geradas a partir das respostas dos visitantes, por isso o roteiro é flexível e determina somente um eixo para se chegar ao objetivo da pesquisa já definido. Os dados devem conter informações sobre critérios de incerteza, atributos relevantes, hipóteses e relações entre variáveis; são indícios desses elementos que procuramos identificar nas expressões em geral e produzir os dados concretos para organizar em categorias representativas do modo de pensar o significado de uma medida física e a sua incerteza.

Análise dos dados: Construção das categorias

A análise dos dados da pesquisa mostrou inicialmente uma grande dispersão de informações que aos poucos puderam ser organizadas e possibilitaram a construção de algumas categorias que serão descritas a seguir:

Ponto final determinado

Nesta primeira categoria a ocorrência do evento é tão atraente que não gera nenhuma dúvida ligada ao problema de acertar a chaminé. É como se cair dentro fosse a única possibilidade, já que a bolinha continua “indo para frente”; o simples fato de o evento ocorrer é suficiente, não existe questionamento sobre a viabilidade ou reprodutibilidade da ocorrência. Associadas à reação inicial, as seguintes frases situam-se nessa categoria:

“Cai dentro!”

“Vai cair lá do outro lado.”

“Eu acho que vai cair lá dentro.”

“Ela vai dar um pulo e cair dentro do trem.”

Suspeita de alguma dificuldade

Nesta categoria as expressões mostram uma dúvida, uma insegurança em poder identificar a causa; consideram talvez que as condições experimentais são determinantes e que existem dificuldades, mas isso não é explicitado necessariamente, abrindo-se duas possibilidades:

a. Intuição da dificuldade

Uma frase que define bem este grupo é a seguinte:

“Ela vai pular, vai passar o túnel e vai cair no trem de novo. Não sei se vai cair direito dentro¹ do trem.”

Não há referência à variação do diâmetro da chaminé ou às condições do equipamento e muito menos à flutuação possível dos resultados.

b. Identificação de fatores físicos responsáveis

Neste caso, considera-se duas possibilidades:

b1. Fatores ligados ao equipamento e às condições iniciais

b11. Trajetória (indefinida)

A origem do movimento e algumas variáveis são evocadas a explicar o “insucesso”. A bolinha pode sair do plano vertical que contém o trilho e é isto que gera as “falhas” que ocorrem no experimento. É problema de lançamento mal feito. Uma frase característica é a seguinte:

“Ter isso maior (a chaminé) porque o lançamento não sai retinho.”

b12. Velocidade do trem (e da bolinha?)

Não há evidência de que se trata de incerteza na velocidade, para estes visitantes a variação de velocidade pode servir para correção de um disparo com insucesso em que a bolinha não caia dentro da chaminé, dando a entender que ou o trem ou a bolinha ganham ou perdem velocidade após o disparo.

“Muda a velocidade, tenta jogar [atira o trem] mais forte.”

¹ Nesta frase a referência dentro por parte do aluno tem uma condicional de ou cai ou não. A visão de possibilidade da queda não é associada a uma variação, qualquer que seja(falta algo aqui???)

b13. Velocidade baixa (quase repouso)

Neste caso aparece uma situação trivial com o trem parado e a bolinha na vertical. É uma situação na qual qualquer variação é associada ao deslocamento vertical que o trem e a bolinha sofreram. Parece que a inércia não é contemplada no raciocínio. Uma frase que expressa bem essa idéia é:

“Atira mais devagarzinho.”

b14. Tamanho da chaminé

O erro é atribuído ao diâmetro da chaminé; porém as deficiências estão na origem do movimento. Algumas frases são bem características:

“[...] ela não vai cair aí dentro [...] Porque aqui o buraco é maior².”

“A chaminé serve como um funil para a bolinha cair certinho.”

“Vai testando até cair dentro.”

“Foi quase.”

b2. Fatores ligados a uma indeterminação (inevitável?)**b21. Tamanho da chaminé**

As afirmações focalizam a chaminé e parecem desprezar os outros fatores ligados à produção do fenômeno. O Tamanho da chaminé é importante assim como a probabilidade de sucesso com a repetição. Os dois últimos exemplos citados parecem se encaixar também nesta categoria

“Vai testando até cair dentro.”

“Foi quase.”

O tamanho da chaminé parece definir um intervalo de segurança necessário para a possibilidade de sucesso, pois anuncia uma expectativa de flutuação da medida.

b23. Intervalo de segurança

Nesta categoria todas as variáveis envolvidas no experimento são consideradas importantes e servem para gerar uma variação nos resultados obtidos. Não existe uma incerteza propriamente dita, mas de todas as categorias é a que mais se aproxima disto. Podemos verificar isto por exemplo na frase muito bonita:

“Sem a chaminé fica praticamente inviável. Ela sai daqui, passa por lá³ e ainda tem que cair aqui⁴ [...] com um furo deste tamanho. Não tem como, é impossível a bolinha sair e entrar novamente.”

A física das medidas

Em tratamento de dados define-se erro como sendo a diferença entre o resultado obtido e o verdadeiro valor de uma grandeza. Ao contrário da concepção do senso comum, para a qual a palavra erro esta associada a uma falha que poderia ter sido evitada, na concepção científica os erros experimentais são inerentes ao processo de obtenção de dados.

² Esta comparação esta relacionada à utilização do trem com a chaminé ou sem.

³ Por cima do túnel.

⁴ Dentro do trem sem chaminé do outro lado do túnel.

Resultados (das medidas) experimentais obtidos aparentemente nas mesmas condições costumam flutuar em seus valores, isto é, apresentar variações aleatórias. Observando-se a frequência dos resultados obtidos geralmente percebe-se que a frequência é maior ao redor do resultado médio e diminui com o aumento da “distância” das medidas com relação a ele.

Os resultados flutuarem não significa necessariamente que a cada medição a grandeza física observada mudou de valor, mas que os erros cometidos foram diferentes a cada medição. É importante lembrar que mesmo quando os resultados não flutuam, ainda assim há erros devidos aos fatores comuns presentes nas diversas medições ou às limitações dos equipamentos utilizados.

O valor do erro cometido não pode ser determinado a menos que se conheça o valor verdadeiro da grandeza observada. Porém, com base nas características do experimento, é possível prever a probabilidade de que o erro cometido pertença a um determinado intervalo. Assim, associa-se aos valores das grandezas determinadas experimentalmente uma outra informação, chamada incerteza, que fornece uma indicação probabilística sobre o erro esperado para qualquer medida que venha a ser realizada. A incerteza pode ser reduzida com mudanças no procedimento experimental, porém não completamente eliminada.

Conclusões

A Construção de categorias de pensamentos ligados ao conceito de incerteza no experimento do trenzinho mecânico permitiu grandes avanços na nossa compreensão sobre as concepções dos visitantes e suas formas de explicar e compreender.

O primeiro avanço a considerar é metodológico e diz respeito à construção de um mecanismo para obtenção dos dados, o que exigiu toda uma revisão da forma de apresentação do experimento, sem que isto prejudicasse o comportamento dos visitantes. Ainda neste contexto foi possível desenvolver um instrumento de análise que, organizando as expressões dos indivíduos, tivesse significado relativo ao conteúdo de interesse. Isto é, as categorias produzidas tiveram como referência as características essenciais do conceito de medida e sua incerteza associada, podendo revelar a essência fundamental e mais elementar contida no conceito tal como é tratado na física.

O segundo diz respeito aos resultados que permitem caracterizar a concepção mais geral do senso comum sobre medida física. Resumindo: esta concepção fica longe da aceita cientificamente, mas apresenta traços elementares coerentes com ela. Por exemplo, as categorias mais significativas desta situação foram as duas últimas que põem em jogo o tamanho da chaminé e o intervalo de segurança.

Estes resultados têm conseqüência importante para o ensino, podendo constituir-se em ponto de partida para a conceituação correta de medida física.

Conseguimos observar que as categorias estão de certo modo associadas aos níveis de escolaridade, mas não parece haver uma correspondência direta entre esses elementos.

Uma primeira categoria que definimos foi a de visitantes que não visualizavam nenhuma problematização associada às nossas questões. Isto é, estes indivíduos não constataram que exista qualquer tipo de incerteza para os fenômenos que presenciavam. Esta categoria é formada principalmente por alunos de menos de 7 anos. Outra categoria de visitantes é a dos que esperam uma dificuldade no acerto, mas não conseguem associar nenhum fator experimental. É constituída por alunos do ensino fundamental e do ensino médio. A primeira subcategoria associada a fator físico que determinamos, está ligada ao diâmetro da chaminé. Está presente em alunos de ensino fundamental e de ensino médio.

Uma categoria interessante está ligada a um movimento com velocidade baixa, quase repouso. Um dos fatores mais interessantes desta categoria é que está associada a todos os grupos de estudantes, desde o ensino fundamental até o ensino médio.

A última categoria que determinamos associa diversas variáveis como determinantes. Trata-se de um tipo de pensamento mais completo, apesar de não constituir-se de uma incerteza, e sim de um pensamento mais complexo ligado as determinantes para o sucesso do experimento. É uma categoria formada essencialmente de alunos de ensino médio.

Todo o decorrer do processo de obtenção e tratamento de dados tornou a análise muito mais rica, tanto à partir da construção da metodologia para obtenção dos dados, o que envolveu a compreensão e a análise da sistemática de apresentação do experimento, quanto ao tratamento dos resultados. Os resultados obtidos nos levam a sugerir que elas se apoiam em concepções de mundo mais gerais onde não há lugar para incertezas e as medidas podem ser objetivamente determinadas tendo o controle total do experimentador e dos instrumentos de medidas. Esta questão sugere a continuidade da pesquisa junto com outras questões que se abrem.

Referências bibliográficas

- CARAMAZA, A.; MCCLOSKEY, M.Y.; GREEN, B. Naïve beliefs in sophisticated subjects: misconceptions about trajectories of objects. **Cognition**, n. 9, p. 117-123, 1981.
- CAZELLI, S. et al. **Tendências Pedagógicas das exposições de um Museu de Ciências**. Disponível em: <<http://www.cciencias.ufrj.br/artigos/seminario/Index.html>>. Acessado em: <12/08/2000>.
- DIAMOND, J. et al. The Exploratorium's explainer program: the long-term impacts on teenagers of teaching science to the public. **Science Educations**, vol. 71, n. 5, 643-656, 1987.
- HELENE, O.; TSAI, S.P. e TEIXEIRA, R.R.P. O que é uma medida? **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 13, 12-29, 1991.
- MENDES, J.A.C.; ROSSO, A.J. O Senso Comum, a Ciência e o Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 19, n. 3, 353-358, 1997.
- PACCA, J.L.A.; VILLANI, A. Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 12, 123-138, 1990.
- PASSOS, E.P. et al. **A relação entre o museu de ciências e a escola: uma discussão com professores de ensino básico**. Disponível em: <<http://www.vicosa.com.br/evandro/epef.htm>>. Acessado em: <12/08/2000>.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. Cap. 1, p. 9-32. In: ___ (Org) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PREGNOLATTO, Y.H.; PACCA, J.L.A.; TOSCANO, C. Concepções Sobre Força e Movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 14, n. 1, 19-23, 1992.
- SERÉ, M.G. La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las ciencias**, vol. 20 n. 3, 357-368, 2002.
- STOCKLMAYER, S.M. **Interactive Exhibs: What are visitors really doing?** Disponível em: <<http://www.cciencias.ufrj.br/artigos/seminario/index.html>>. Acessado em: <12/08/2002>.
- VIENNOT, L. Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire. **European Journal of Science Education**, vol. 2, n. 1, 205-225, 1979.
- VILANNI, A.; PACCA, J.L.A.; HOSOUME, Y. Concepção Espontânea Sobre Movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 7, n. 1, 37-45, 1985.

ANEXO I - transcrição de uma das gravações

Transcrição 9

[monitor]

[visitantes]

O que vocês estão vendo aqui?

Um trem.

Olhem o que tem dentro deste trem. ... O que têm?

Uma bolinha.

Isto mesmo. ... Vou explicar uma coisa para vocês. soltando o trem lá de cima o que vai acontecer?
... Vai cair dentro do buraco.

...

[três lançamentos em que a esfera cai dentro da chaminé]

Vocês estão satisfeitos? Vou fazer uma pergunta, se eu retiro a chaminé vai fazer alguma diferença?

Faz.

Fez o que para cair no trenzinho?

Colocou a chaminé mais larga que o furo.

...

[lançamento sem a chaminé que caiu fora]

Vou fazer uma pergunta. Quantas vezes vou ter que soltar o trenzinho [sem a chaminé} até cair dentro?

...

Atira mais devagarzinho.

Vamos atirar mais devagarzinho para ver o que acontece?

[não caiu dentro]

...

Vou lançar um desafio. Imagem que vocês estão em uma empresa, e que o chefe de vocês diga: Este trem está muito caro, a chaminé está muito grande. Vocês precisam construir para mim uma chaminé de forma que a bolinha caia sempre dentro, mas que tenha o menor diâmetro possível. Que diâmetro vocês fariam? Olhem bem o trem e pensem.

...

[lancei o trem duas vezes sem a chaminé para que eles pudessem observar]

Vocês poderiam diminuir muito está chaminé?

Não.

Por que não?

Sem a chaminé fica praticamente inviável. Ela sai daqui, passa por lá [por cima do túnel] e ainda tem que cair aqui [dentro do buraco] ... com um furo deste tamanho não tem como, é impossível que a bolinha saia e entrar novamente.

Vamos fazer um teste, eu virei a chaminé. Vocês acham que ela consegue bater no topo?

[atirei mais uma vez e bateu no topo da parte de madeira]

Então este diâmetro seria razoável?

Diminui um pouco. (aluno 1)

Eu acho que não. (aluno 2)

Quanto menor é mais difícil.

...