

PRINCÍPIOS FÍSICOS E A CONSTRUÇÃO DE MODELOS¹

José Francisco Custódio Filho
Pós-Graduação em Educação-CED-UFSC

Maurício Pietrocola de Oliveira
Dept^o de Física – CFM – UFSC
Campus Universitário – Fpolis/SC
88040 - 900
(pietro@fsc.ufsc.br)

I. INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas (Pietrocola e Zilbersztajn, 1999; Pietrocola, 1999; Pinheiro, 1996) indicam que estudantes têm dificuldade na elaboração de modelos sobre fenômenos físicos. Na maioria dos casos, quando solicitados a prever, explicar ou até mesmo justificar o comportamento de determinada situação não abordada na escola, os alunos fazem previsões sem nenhuma justificativa, respondendo a partir de uma intuição pouco científica. Resultados deste tipo parecem fazer crer que as atividades de educação científica na escola não ensinam a modelizar fenômenos reais. Elas são em geral destinadas a resolução de exercícios (problemas fechados. Gil-Perez 1982, 1987). Os modelos que fazem parte dessas atividades são por demais simples ou diretos, não propiciando aos estudantes a ocasião de praticar a modelização de fenômenos.

Diante disto, vemos a cada dia mais estudantes se frustrarem em relação as expectativas do ensino formal de ciências, pois é bem comum nos livros didáticos definir-se a Física como a ciência que estuda a “Natureza”. No entanto, no decorrer do curso de Física a “Natureza” torna-se um elemento cada vez mais distante e sem relação com os conteúdos ministrados. Certamente para os estudantes investir em anos de estudo de Física não é um grande atrativo se isto não redundar em uma melhor relação com o mundo exterior. Se não fosse possível atingir a realidade e tudo fosse fruto de padrões mais ou menos arbitrários, por que se deveria substituir concepções sobre o mundo por outras científicas? Da mesma forma que a pesquisa científica objetiva a obtenção de conhecimentos na forma de teorias científicas que permitam *interpretar* e *prever* domínios de determinados fenômenos físicos, os objetivos da educação científica não devem ser limitados em ensinar os conhecimentos científicos sem que seja possível aos estudantes a aplicação destes conhecimentos em elementos da realidade. Servindo o ensino de ciências como uma mera etapa imposta por um currículo, restringindo-se apenas à situações escolares.

Incentivar os alunos a perceberem que o conhecimento científico ensinado na escola serve como forma de interpretar o mundo que os cerca, seria uma forma de lidar com a dimensão de realidade do mundo. Em geral, os alunos não vêem as teorias científicas como capazes de explicar situações do seu mundo exterior. O arco-íris, a cor do céu, os relâmpagos, a eletricidade atmosféricas não são temas tratados na escola ficando ao encargo de argumentações do “senso comum”, gerando proposições fortemente enraizadas e facilmente difundidas. O conhecimento científico aprendido pelos estudantes parece incapaz de operar sobre determinadas situações influenciadas

¹ Atas eletrônicas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2000.

por crenças, mitos e todo tipo de informação não científica. Assim, é mais fácil interpretar as situações utilizando-se de suas concepções alternativas, que tem uma certa “coerência” e “funcionam” do que utilizar os conhecimentos aprendidos na escola que não acessão tão facilmente a realidade.

Acreditamos que deva-se inserir a *realidade* com objeto da educação científica. Não nos moldes determinados pelo empiricismo ingênuo, mas enfatizando o conhecimento construído pela ciência como esboços da realidade, fazendo da realidade o objetivo final da educação científica, que deve porém ser perseguida pela construção de *modelos*.

II. O PAPEL DOS MODELOS

Na ciência, os modelos desempenham um papel relevante na construção do conhecimento. Esta certeza tem motivado diversos estudos na área de Ensino das Ciências. Uma análise na literatura indica que muito se tem discutido a respeito da multiplicidade de empregos do termo modelo (Krapas et all,1997). Eles são meios de apreensão de aspectos importantes da realidade, e, enquanto substitutos do real percebido, podem desempenhar diversas funções.

O conhecimento científico, particularmente o conhecimento Físico, é constituído por teorias, que permitem a elaboração de modelos. Para Gilbert(1998), um modelo pode ser definido como uma representação de uma idéia, de um objeto, de um evento, de um processo ou de um sistema. Martinand(in Astolfi, 1995, 103), considera que os modelos permitem a apreensão da realidade em virtude de facilitar a representação do “escondido”, pois *“substituindo as primeiras representações por variáveis, parâmetros e relações entre variáveis, fazem com que se passem a representações mais relacionais e hipotéticas”*.

Pinheiro(1996), discutiu o papel da matemática na construção de modelos e a importância da apreensão e domínio deles por parte dos estudantes. Lá afirmou que alunos e cientistas constroem modelos, porém com estatutos epistemológicos diferentes. Pelo menos três aspectos podem determinar as diferenças entre os modelos construídos por eles: “as experiências pessoais”, “os conhecimentos de matemática” e “os construtos da natureza”. Assim, assumimos que a “ciência dos alunos” é diferente da “ciência dos cientistas” e que o papel do ensino de Física reside, entre outras coisas, em aproximar estes universos.

Percebemos que este distanciamento entre a “ciência dos cientistas” e a “ciência dos alunos” se torna evidente, sempre que os estudantes são requisitados a justificar suas respostas a uma situação problema. Pois, em geral, verificamos a presença de esquemas conceituais alternativos. Assim, torna-se evidente que o conteúdo ministrado nas aulas de Física se torna incapaz de interpretar elementos da realidade.

Ao nosso ver, fatores que limitam a apropriação e utilização de conhecimentos Físicos através dos modelos construídos pelos estudantes, tem íntima ligação com as formas como os estudantes constroem modelos e as relações desse processo com o conteúdo ensinado em sala de aula.

Martinand(1986), salienta a importância da reflexão sobre modelos e o processo de modelização porque esta pode ser uma via de acesso por meio da qual podem resultar transformações nos conteúdos de ensino. Também assinala que é preciso conhecer como

os alunos modelizam espontaneamente ou como eles fazem para se apropriar de um modelo. Julga necessário conjugar os seguintes aspectos; uma análise epistemológica do problema, a preparação, a execução e a avaliação de ensaios didáticos em sala e a observação precisa da caminhada de grupos de alunos.

Assim, a discussão sobre modelos e da modelização na didática das ciências deve levar em conta os *esquemas conceituais alternativos* dos estudantes e a *transposição didática* de conteúdos e saberes. Os esquemas conceituais alternativos dos estudantes são uma importante fonte de informações de como os estudantes explicam determinados fenômenos, já que na maioria das vezes, os modelos construídos pelos alunos são diferentes dos modelos cientificamente aceitos. O conceito de transposição didática pode nos orientar a respeito de atividades específicas que podem ser propostas em sala, sem que os conteúdos e o próprio processo de modelização, sofram descontextualizações e descaracterizações que os tornem tão estéreis quanto as práticas tradicionais que apresentam o conhecimento científico como a realidade em si, sem a mediação de modelos.

Por outro lado, a construção de modelos é entendida como atividade cognitiva. Os modelos são construídos por professores e alunos e na bibliografia recente são designados por “modelos mentais”, que são representações pessoais e privadas (Gilbert e Boulter, 1998; Moreira, 1997).

Nessa pesquisa buscamos levantar dados sobre a forma como os alunos constroem modelos e sobre as relações entre processo e o conteúdo ensinado em sala de aula. Em particular focamos nossa atenção no papel que os “Princípios em Física” desempenham na construção dos modelos pelos estudantes. Em especial procuramos entender o uso que os estudantes fazem do Princípio de Conservação de Energia/Quantidade de Movimento em situações não escolares, nas quais estes conhecimentos eram exigidos. Desta forma, obteríamos explicitamente qual o grau de utilidade deste princípio na seleção/ exclusão dos modelos aplicados a situação física que se desejava interpretar.

III. MODELOS E MODELIZAÇÃO

Do ponto de vista epistemológico, adotamos os trabalhos de Mário Bunge como referência (Pietrocola, 1999). Bunge inicia pela análise da função dos modelos na constituição do conhecimento teórico das ciências. Para ele, a capacidade de produzir conhecimento teórico é uma característica da ciência desenvolvida pelas sociedades modernas, pois nas sociedades pré-indústrias crença, opinião e conhecimento pré-teórico eram suficientes. O caráter teórico do conhecimento serve como medida de progresso científico, mais do que o volume de dados empíricos acumuladas. Isto acontece como consequência do avanço teórico de determinada área da ciência em apreender o real

Os modelos são colocados como intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico, as teorias e a realidade, através da mediação das interpretações feitas sobre os dados empíricos. Ao longo de todo seu trabalho ficará claro que, embora de fundamental importância, as teorias por si só nada valem no contexto científico, pois sendo abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam a priori às coisas reais. Por outro lado, os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar

conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora.

Bunge define três elementos fundamentais no processo de teorização, a saber: Teoria Geral, que pelo fato de ser geral se aplica potencialmente a qualquer parte da realidade, mas é impotente por si só na resolução de problemas; Objeto Modelo, que se constituem em imagens conceituais e portanto abstratas dos elementos pertencentes a um sistema real que se pretende interpretar através de uma teoria geral; Modelo Teórico (ou teoria específica), que se constituem num sistema hipotético-dedutivo que concerne à um objeto-modelo e pode ser obtido pela junção de suposições específicas e subsidiárias a uma estrutura geral.

Os objetos-modelos são formulados através das propriedades comuns, ou admitidas como comuns de determinado grupo de objetos reais em foco. Apesar da proximidade com os elementos do mundo, não permitem nenhuma operacionanálise que vá além do próprio estabelecimento de semelhanças. No extremo oposto existem as teorias gerais, que embora altamente operacionalizáveis (em função de sua estruturação matemática) não se referem a nada pertencente ao mundo real, embora possam vir a se referir a ele pela adição de suposições adicionais.

Um modelo teórico é sempre parcial e aproximativo, pois existem limites na capacidade de se conhecer a realidade. Entretanto, assinala que o *método* da modelagem e da sua comprovação mostrou-se bem sucedido na apreensão da realidade. A força da teorização está justamente na capacidade das teorias gerais, que a princípio não dizem respeito a parte nenhuma do mundo, de, ao serem enxertadas por estes objetos conceituais, produzirem representações da realidade, isto é, modelo teórico.

O objeto-modelo passa a representar os objetos reais e o modelo teórico o comportamento deles. Nesse sentido, o modelo teórico é um sistema hipotético-dedutivo uma máquina de gerar proposições a partir de proposições iniciais, sendo possível realizar previsões a partir deles. As previsões são possíveis pois, em sendo uma rede de relações dedutivas, o modelo pode extrapolar as situações para as quais foi inicialmente construído e expor propriedades e comportamentos dos objetos-modelos nele inserido.

Nesta direção, uma *onda eletromagnética polarizada plana* passa a ser uma representação possível do *luz*, cujo comportamento pode ser obtido pelas relações básicas contidas na teoria eletromagnética clássica. De posse deste modelo, explicar o comportamento de tal objeto (por exemplo, a formação de halos coloridos ao passar por uma fina camada gasosa durante a noite) assim como realizar previsões (como mostrar que a luminosidade se extingue ao passarmos por um polarizador convenientemente direcionado, ou rotacionar o plano de polarização pela aplicação de um campo magnético) torna-se tarefa possível através das relações ditadas pela teoria eletromagnética.

IV. PRINCÍPIOS X MOTO PERPÉTUO

Os Princípios são elementos importantes na construção de Teorias Físicas, como nos mostram diversos trabalhos epistemológicos e históricos. Funcionam como guias genéricos na produção científica, e, na concepção de Einstein, são responsáveis pela elaboração de teorias com uma perfeição lógica e fundamentação segura (Pietrocola e Zilbersztajn, 1999).

Em contraste com esta posição privilegiada no contexto científico, no Ensino Médio, os princípios são utilizados como meros instrumentos na resolução de problemas artificialmente formulados. Em tais atividades acabam por se resumir a algumas estratégias empregadas na busca da solução de problemas padrões. O Princípio de Conservação de Energia acaba por ser identificado com problemas do tipo, “montanha russa”, “looping” e eventualmente pêndulo. Assim, seguindo a orientação proposta nos diversos livros didáticos, os professores de Ensino Médio não ressaltam a relevância dos Princípios, como determinantes das possibilidades, simplificações e limitações na interpretação de um dado sistema físico.

Numa rápida análise histórica encontramos subsídios que fundamentam nossas preocupações com a forma insipiente a qual os princípios são tratados no contexto do ensino de ciências. Desde a Grécia antiga temos conhecimento da busca de conservações, que permeava os pensamentos de filósofos como Parmênides(540-470 A.C.). Idéias de conservação de movimento eram palco de debates entre Descartes, Huygens e outros no século XVII, passando pela conservação da *vis viva* de Leibniz, além de outras teorias de conservação como o flogístico e o calórico. Idéias que culminaram com a formulação do Princípio de Conservação de Energia. Como resultado desta busca de elementos que se conservassem nos processos físicos verificamos a aproximação de campos de estudo que antes do seu aparecimento e amadurecimento eram separados e após sua explicitação e clareza, passam a ser considerados como únicos. Assim, dentre os conceitos unificadores o de Energia parece ser o mais atual e potente (Angotti e Auth, 1999).

Os cientistas até hoje tem confiado nos Princípios, tanto que eles servem como elementos para testar e comprovar teorias científicas sendo a violação de Princípios um fator determinante no fracasso das teorias. Entretanto, no contexto escolar os princípios não possuem uma operacionalidade na interpretação de situações diferentes daquelas exemplares propostas nos livros didáticos.

Da mesma forma que os princípios não possuem um papel na solução de modelos pelos estudantes, os modelos na ciência nem sempre foram idealizados com a convicção em Princípios hoje conhecidos. A história da ciência nos fornece algumas situações, como por exemplo, os moto-perpétuos.

Os moto-perpétuos são máquinas cujo funcionamento é auto alimentado, sem a necessidade de um agente externo, refletindo uma tentativa de recriar os fenômenos cíclicos e permanentes observados na natureza. Leonardo da Vinci(1542-1519), já havia pressentido a impossibilidade do moto perpétuo e mostrou isto em uma de suas obras sobre problemas mecânicos, analisando máquinas cujo funcionamento baseava-se na diferença de pesos em um dos lados de uma roda. Helmholtz(1821-1892) na sua formulação original do Princípio de Conservação de Energia(1847) afirma ser impossível, pela combinação de corpos naturais, a produção ilimitada de Força(palavra mais tarde substituída por Energia). Desde então com base na validade do Princípio Universal de Conservação de Energia qualquer tentativa de construção de máquinas deste tipo vem sendo negada, o que não impediu que ainda hoje alguns persistam na criação deste tipo de máquina(Sousa, 1987).

V. METODOLOGIA

Utilizamos a metodologia usualmente aplicada nas pesquisas sobre concepções alternativas, ou seja, entrevistas clínicas baseadas em situações físicas apresentadas em esquemas e desenhos mediante um protocolo(veja anexo) contendo 12 questões. Foram entrevistados 20 alunos da 3ª série do ensino médio do período diurno de uma escola pública. Selecionamos os alunos aleatoriamente, independentemente de seus desempenhos escolares. Nosso protocolo continha questões formuladas a partir da apresentação de dois moto-perpétuos. O primeiro descreve uma situação mecânica adaptada da máquina construída no século XII por Villard de Honnecourt, um dispositivo baseado na idéia de distribuição irregular nos pesos nos lados de uma roda. O segundo, recria uma situação magnética similar a máquina proposta por Johannes Taisnieurs em 1570, utilizando magnetos. Provavelmente, a maioria dos estudantes do ensino médio nunca se deparou com um problema deste tipo, isto sendo um elemento importante na pesquisa, pois, exigiu dos estudantes a realização de simplificações e idealizações.

As situações apresentadas nas questões sobre mecânica conduziam basicamente a questionamentos baseados nas concepções daqueles que a idealizaram. Assim, nossas perguntas se relacionavam com o fato da roda girar ou não, primeiramente pelas condições iniciais que se relacionavam com a diferença dos pesos em um dos lados da roda, e, em seguida com suposições adicionais como: força de atrito, aumento das massas, forças externas. Nas situações sobre magnetismo utilizamos a mesma estratégia.

Nosso interesse focalizou-se na identificação de elementos que os estudantes usavam para formar suas construções teóricas, verificando-se quais as variáveis relevantes nestas construções. Para tanto, exigimos que os estudantes justificassem suas respostas.

VI. RESULTADOS

Dos resultados obtidos procuramos agrupar as respostas a cada questão conforme os argumentos utilizados.

1- Na primeira questão obtivemos, basicamente, dois tipos de respostas:

1_a- Alunos que acreditavam que a roda iria girar(18 alunos). Estes alunos aceitavam a possibilidade que a roda girasse no sentido anti-horário(13 alunos), devido, a diferença do número de massas em cada um dos lados da roda. Ou sentido horário(5 alunos), devido a diferença do comprimento das hastes, em cada lado da roda. Numa linguagem formal, seus argumentos se baseavam na diferença de torques. Alguns(6 alunos), reforçavam sua opinião, dizendo que a roda iria acelerar.

“Vai girar no sentido anti-horário. Vai acelerar, talvez pelo peso destas bolinhas assim na ponta. O peso destas bolinhas que vão caindo no decorrer do giro. Vai caindo e vai rodando cada vez mais rápido.”

“Este lado(direito) é mais comprido então cai para cá. Cada vez cai um, então, vai sempre girando.”

1_b- Alunos que acreditavam que roda não iria girar(2alunos). Estes alunos não encontraram razão nenhuma para a roda não girar.

“Não. Não vejo motivo para a roda girar. Mesmo sem atrito.”

Quando questionados sobre a influência do atrito caso a roda fosse inicialmente

posta em movimento, todos alunos responderam que a roda pararia.

“Se não tiver ‘força’, vai girar cada vez mais devagar talvez até pare.”

2- Agora, nesta questão, modificamos um pouco a posição das hastes com as bolinhas, tentamos colocar as hastes em uma posição simétrica, distribuindo-as igualmente em ambos lados da roda. Obtivemos então o seguinte grupo de respostas:

2_a- Alunos que acreditavam que a roda iria ficar parada(13 alunos). Estes alunos levaram em consideração, basicamente, a simetria da roda, ou seja, o mesmo número de massas em cada lado.

“Vai ficar parado. Porque a massa é igual vai equilibrar. Só a quantidade de massas é importante.”

2_b- Alunos que acreditavam que a roda iria girar(7 alunos). Estes alunos, faziam referência ao fato, que a diferença dos pesos(formalmente torques), causaria o giro da roda.

“Gira no sentido anti-horário. Talvez por causa dos pesos, mas bem devagar. O peso causa desequilíbrio.”

Com relação ao atrito(para ambos os grupos) nas situações questões 1 e 2:

“Continua parada.”

“Tem tendência a parar.”

Verificamos nestas respostas que o atrito sempre gera tendência ao repouso.

3-Nesta questão tratamos a situação anterior sem existência de atrito, identificamos respostas que evidenciaram claramente que a causa da roda se manter em repouso era o atrito.

“sem atrito a roda não tem nenhum motivo para parar.”

4- Nesta questão encontramos repostas muito variadas. Desta forma, não conseguimos caracterizar os grupos. Citamos abaixo, algumas proposições dos alunos:

“Agora gira no sentido anti- horário. Ela vai parar. Porque a haste maior é muito pesada, para subir de novo e continuar.”

“Fica parada. Devido ao peso que esta fazendo mais do lado de lá(lado direito). Esta daqui estão inclinadas, fazem um peso mais ou menos proporcional, um lado equilibra o outro.”

A complexidade da situação e falta de guias geraram pluralidade de respostas.

5- Aqui, o lado direito possui uma bolinha maior. Conseguimos discernir dois grupos. Porém, ambos centraram suas respostas no fato da massa maior ser o fator determinante, no comportamento da roda.

5_a- Acreditam que a roda gire(14 alunos). Neste grupo há os que, como o lado direito possui uma bolinha com massa maior, isto causaria um desequilíbrio(como numa gangorra), fazendo com que a roda gire no sentido horário.

“Vai girar no sentido horário.”

Alguns acreditam que a roda adquira movimento acelerado.

“Vai acelerar cada vez mais rápido, no sentido horário.”

Com relação ao atrito:

“O atrito influência um pouco na velocidade do movimento. Mas neste caso não vai influenciar. Porque a bola tem mais massa por isto irá mais rápido.”

5_b- Acreditam que a roda não gire(6 alunos). As respostas elaboradas por estes alunos, mantiveram o seguinte padrão: todos responderam que a massa maior da direita, equilibraria as outras, mantendo a roda parada.

“Por estas estarem fazendo peso para cá(esquerda) e as outras para o outro lado. Acho que ficariam paradas, se fosse feito um levantamento de pesos certinho.”

6- Todos alunos declararam que a roda iria girar. No entanto, alguns achavam que a roda iria girar, não completando uma volta(15 alunos). Enquanto os outros, acreditavam na possibilidade da roda girar indefinidamente.

“Ela tem um negocinho(uma haste) que faz ela se mexer. Então, devido a posição dela, ela girar no sentido horário.”

“ Com atrito para no meio. Não completa uma volta. Sem atrito completa a volta. Mais não pega velocidade grande. Começa girar e fica girando.

7-Nesta questão, novamente, todos concordam que a roda irá girar, e que a condição inicial só irá fazer com que a roda gire mais rápido, ou seja, com uma velocidade inicial diferente de zero.

“Só vai iniciar o movimento mais rápido.”

“ A partir do momento que você dá um forcinha ali, ela gira, se não continuar fazendo força, ela vai parar.”

“Com atrito ela dá uma voltinha ou duas. Sem atrito continua girando.”

8- Separamos as respostas em dois grupos:

8_a- Acreditavam que a bolinha não completava a trajetória completa pela canaleta(7 alunos). Os que propuseram esta resposta, baseavam-se na idéia que o imã atrairia a bolinha de ferro e esta ficaria ligada ao imã.

“Acho que o imã segura a bolinha. Se ele consegue puxar ela até lá em cima.”

8_b- Acreditavam que a bolinha completava a trajetória pela canaleta(13 alunos). Este grupo de alunos , utilizou-se de argumentos como: o tamanho do imã e o fato deste estar localizado próximo ao orifício de acesso da canaleta inferior.”

“Pelo tamanho do imã e da bolinha, eu acho que ela vai caindo, vai subindo, não vai parar não”.

9- Todos concordaram que a bolinha iria aumentar sua velocidade inicial, somente.

10- Aqui os alunos responderam com os mesmos argumentos da questão 8. Os que achavam que a bolinha faria a trajetória completa pela canaleta, não mudaram sua opinião.

“Ela(a bolinha) vai ser atraída com força pelo imã lá em cima. Vai cair devagar e sobe de novo.”

“Na hora da descida diminui velocidade. O imã de cima irá puxá-la novamente. o atrito vai fazer com que o movimento seja mais devagar.”

11- Agora, aumentamos a inclinação da rampa no trajeto de descida e diminuimos no trajeto de descida. O curioso aqui, foi que alguns alunos (4 alunos) que anteriormente afirmaram que a bolinha não completaria o trajeto, mudaram de opinião.

“A bolinha irá descer mais rápido. A velocidade continua a mesma.”

“Se a rampa estiver menos inclinada e for do mesmo tamanho que a outra. Ela sobe mais depressa. Só que também desce mais rápido.”

Com relação ao atrito:

“Com atrito o imã sempre segura a bolinha lá em cima.”

“Sem atrito ela continuaria sobe, desce ,sobe, desce.”

12- Todos concordaram que a bolinha iria completar o trajeto, com velocidade maior e repetidas vezes.

“A bolinha irá mais rápido. A bolinha vai ficar sempre indo e voltando.”

“Até o imã puxar ela, no caso. Ela vem aqui(no início da canaleta) e vai subir direto. Então, ela sobe com maior velocidade.”

“A partir do momento que ela cair aqui e voltar, ela volta ao mesmo procedimento.”

Finalizando, perguntamos aos alunos, se eles conseguiam fazer alguma relação entre os fenômenos apresentados e os conhecimentos aprendidos no curso de física. Nenhum deles conseguiu relacionar corretamente, algum princípio ou lei física, com os fenômenos apresentados.

Uma resposta interessante:

“Eu usei minha lógica e fui respondendo.”

VII. CONCLUSÕES

O resultado mais surpreendente nesta pesquisa, foi a ausência de menção explícita dos princípios de conservação de quantidade de movimento e de energia, principalmente. Em toda nossa análise de resultados não detectamos, nenhum argumento plausível, que pelo menos dessem indícios da presença dos princípios supracitados, nos modelos “pessoais” construídos pelos alunos.

Muitas das respostas mostraram a existência de esquemas conceituais alternativos, evidenciados no questionamento final, onde todos os alunos mesmo sem relacionarem as situações apresentadas com os princípios ou leis físicas, utilizaram-se de conceitos como força, velocidade e aceleração da forma que sua “intuição” determinava. Ainda podemos, encontrar outra razão para este fato. A maioria dos alunos tem certo domínio de alguns conceitos isolados, como os citados. Porém , uma correlação maior, como a generalização de um princípio, torna-se uma abstração muito complexa e não enfatizada na escola..

As questões formulados, buscaram sempre causar um desequilíbrio nos estudantes, no sentido de verificar se os modelos construídos por estes, respondiam as diversas situações as quais eram submetidos. Os resultados corroboraram as nossas expectativas, na medida que os esquemas conceituais propostos pelos alunos não mantiveram um padrão, sendo que quando modificávamos um elemento qualquer na situação proposta, como por exemplo com ou sem atrito, a estrutura das respostas modificaram-se radicalmente.

Acreditamos que a introdução dos moto-perpétuos como assunto curricular para auxiliar a apreensão dos Princípios de Conservação, poderia servir como elemento problematizador, pois como situações diferenciadas daquelas encontradas comumente no cotidiano desempenhariam um papel de desequilíbrio. Além de forçarem à idéias que revelem leis de conservação.

Nossa idéia é tornar estes princípios como instrumento principal na construção de modelos, pois com estes, os estudantes terão um arsenal maior e melhor de previsão e análise de resultados.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angotti, J. A. P. & Auth, M. Conceitos unificadores e a busca histórica dos universais: a temática das combustões. UFSC. Florianópolis, SC, 1999.

Astolfi, J. P. & Develay, M. A didática das ciências. São Paulo: Papirus, 1995.

Bunge, M. Teoria e realidade. São Paulo: Perspectiva, 1974.

Delizoicov, D. & Angotti, J. A. P. Metodologia do Ensino de Física. São Paulo: Cortez, 1992.

Driver, R. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. In Enseñanza de las ciencias, 6(3), 291-296, 1988.

Gil-Pérez, D. Differences entre “modelos espontanes”, modelos enseignes et modelos scientifiques: quelques implications didactiques. A. Giordan, J. L. Martinand, Actes JES, 9, 1987.

Gilbert, J.K & Boulter, C.J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (org) Modelos e educação em ciências. Rio de Janeiro: Ravil, 12-34, 1998.

Krapas, S. Queiroz, G., Colinvaux, D. Franco, C. e Alves, F. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Investigações em Ensino de Ciências, 2(3), paginação eletrônica, 1997.

Kuhn, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1987.

Martinand, J.L. Enseñanza y aprendizaje de la modelización. Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 45-50, 1986.

Moreira, M. A. Modelos mentais. Investigações em Ensino de Ciências, 3, 1-39, 1997.

Moreira, M. A. & Ostermann, F. Sobre o ensino do método científico. CCEF, Vol 10(2), 108-117, 1993.

Nersessian, N. “Should physicist preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics”. Science and education, vol 4, nº 3, 1995.

Pietrocola, M. construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge eo o ensino científico através dos modelos. Investigações em Ensino de Ciências, vol(4), n.3, 1999.

Pietrocolas, M. & Zylbersztajn, A. The use of the Principle of relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students. Science and Education, vol. 21, n° 3, 261-276,1999.

Pinheiro, T. F. Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão. UFSC. Florianópolis,SC,1996.

Saltiel, E. & Malgrange, J.C. Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. Eur. Phys. 1, 73-8,1980.

Sousa Filho, O. M. Evolução Da idéia de conservação da energia: Um exemplo da história da ciência no ensino de Física. Dissertação de mestrado. Instituto de física/Faculdade de educação- USP- São Paulo,1987.

Viennot, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J. Sci Educ. 1(2), 205-222,1979.

Watts, D. M.& Zylbersztajn , A. A survey of some ideas about forces. Physics Education .16, 360-365, 1981.

Zylbersztajn , A. “Revoluções científicas e ciência normal em sala de aula”. In Tópicos em ensino de ciências. Moreira, M. A. & AXT, R. (org). Porto Alegre: Ed. Sagra, 1991,47-60.

Zylbersztajn , A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. Revista de Ensino de Física,5(2),1982.

COMUNICAÇÃO ORAL

1A

IX. ANEXO

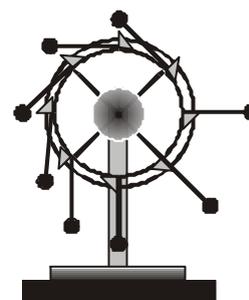
Protocolo de Entrevistas

1- Caso colocássemos a roda na posição da figura :

a - Esta iria girar ?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

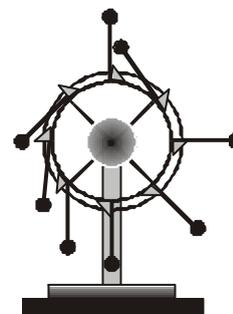
c- Por quê ?



2- Agora, colocamos a roda na posição da figura:

a - Esta iria girar ?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?



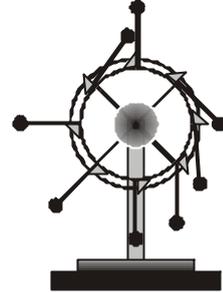
c- Por quê ?

3- Na situação acima, vamos supor que não haja nenhuma forma de atrito (com eixo da roda, com o ar, etc.):

a - Esta iria girar ?

b - Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

C - Por quê ?

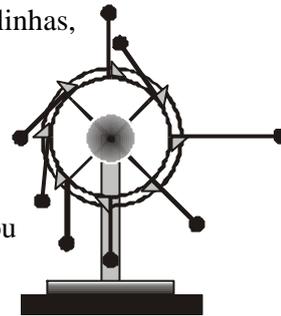


4- O tamanho da haste metálica que prende uma das bolinhas, foi aumentado duas vezes. Nesta situação:

a - Esta iria girar ?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

c- Por quê ? (considere com e sem atrito).

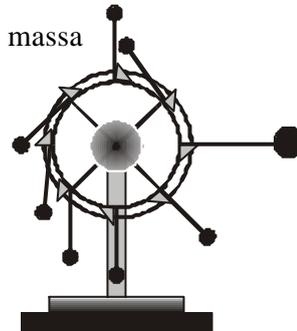


5- Mantendo o tamanho da haste metálica, aumenta-se a massa presa a haste, nesta situação:

a - Esta iria girar ?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

c- Por quê?(considere com e sem atrito).

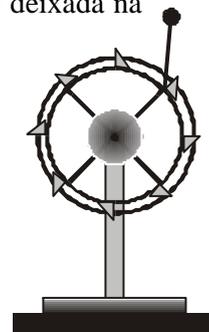


6- Retiramos todas as massas, exceto uma (que é aumentada) deixada na seguinte posição:

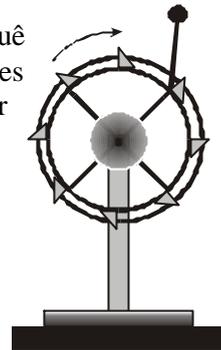
a - Esta iria girar ?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

c- Por quê ? (considere com e sem atrito).



- 7- Caso um agente externo de um giro inicial na roda, o que ocorreria com o passar do tempo ? faça as considerações que achar necessário. Por exemplo, é válido desconsiderar as forças de atrito. Explique sua resposta.

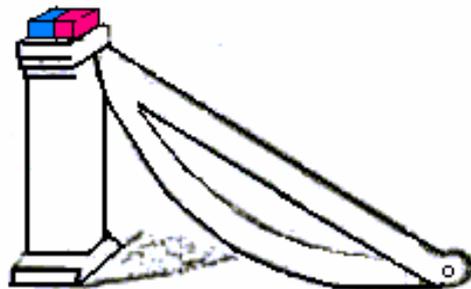


a - Esta iria girar?

b- Com o passar do tempo a roda irá girar mais depressa ou mais devagar (caso gire) ?

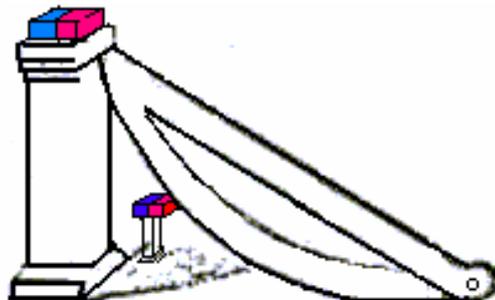
c- Por quê ?(considere com e sem atrito).

- 8- Quando colocamos a bolinha de ferro na posição inicial(parte inferior da canaleta), a bolinha sofre a ação de uma força magnética atrativa por parte imã colocado na parte superior da canaleta. Qual seria a trajetória descrita pela bolinha? Com o passar do tempo a rapidez da bolinha aumenta ou diminui ? Explique(comente sobre o número de vezes que ela poderá repetir esta mesma trajetória, considere com e sem atrito).



- 9- Colocando-se um ímã mais potentes como você responderia a questão anterior ?

- 10- Colocando-se um outro ímã, na posição indicada, qual seria a trajetória da bolinha ? Com o passar do tempo a rapidez da bolinha aumenta ou diminui ? Explique(comente sobre o número de vezes que ela poderá repetir esta mesma trajetória, considere com e sem atrito).



- 11- Diminuindo-se a inclinação da parte reta da canaleta “fica mais fácil para a bolinha subir” e aumentando-se a inclinação da parte curva “fica mais fácil para a bolinha descer”. Nesta situação qual seria a trajetória descrita pela bolinha ? Com o passar do tempo a rapidez da bolinha aumenta ou diminui ? Explique(comente sobre o número de vezes que ela poderá repetir esta mesma trajetória, considere com e sem atrito).



- 12- Se a bolinha colocada na parte inferior recebe-se um pequeno impulso, e passasse a ter uma velocidade inicial v muito pequena (suponha que a bolinha foi abandonada de uma pequena rampa), qual seria a trajetória descrita pela bolinha ? Com o passar do tempo a rapidez da bolinha aumenta ou diminui ? Explique(comente sobre o número de vezes que ela poderá repetir esta mesma trajetória, considere com e sem atrito).



