



A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA APLICADA À FÍSICA: UM ESTUDO SOBRE AS OPERAÇÕES MENTAIS ENVOLVIDAS NA COMPREENSÃO DO FENÔMENO DA QUEDA-LIVRE DE CORPOS.

LUDUVICO, Luciano Pereira¹; SILVA, João Alberto²; FREZZA, Junior Saccon²

¹ Departamento de Física – IFM / UFPel
Campus Universitário s/n^o, Pelotas/RS – Caixa Postal 354 – CEP 96010-900.
lucianoluduvico@yahoo.com.br

² Faculdade de Educação – UFRGS
Av. Paulo da Gama, 110. Farroupilha, Porto Alegre/RS – CEP 90000-000

1. INTRODUÇÃO

Devido aos estudos de Galileu e Newton constatou-se que corpos em queda livre são atraídos pela Terra com uma aceleração constante (para pequenas alturas) que é a aceleração da gravidade ($9,81\text{m/s}^2$). Com isso fica implícito que todos os corpos em queda livre são atraídos pelo planeta Terra com a mesma aceleração. Todavia, é interessante pesquisar as operações de pensamento e os modelos explicativos que os sujeitos elaboram para a solução deste fenômeno tão comum em nosso dia-a-dia.

Este trabalho busca analisar a solução dada ao problema de corpos em queda livre por diferentes sujeitos, de diferentes idades e escolaridades. Desde já se chama atenção, que as experiências e perguntas pertinentes ao tema proposto se referem a corpos largados a pequenas alturas, podendo eles adquirir pequenas velocidades, desprezando-se, por conseqüência, a força de resistência do ar (Marion e Thornton, 1995).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo exploratório, experimental, descritivo e de cunho qualitativo. A orientação metodológica é inspirada nos procedimentos normalmente utilizados nas pesquisas em Epistemologia e Psicologia Genéticas. Em especial, o método clínico e suas variações ao longo da obra de Piaget (Vinh-Bang, 1966) é o referencial que se adota para a coleta e análise dos dados.

Foram analisados três grupos de dez alunos provenientes de estabelecimentos de ensino da região de Pelotas. O primeiro se restringe a alunos da 4^a série do ensino fundamental de uma escola pública (Grupo A); o segundo se refere a alunos do 2^o ano do ensino médio também de uma escola da rede pública (Grupo B) e o terceiro grupo é composto por alunos de um curso pré-vestibular gratuito subsidiado pela UFPel (Grupo C). A este se ressalta que os alunos têm uma faixa etária que varia entre 45 e 60 anos.

O método clínico ou método de exploração crítica é um procedimento de coleta e análise de dados que fornece ao pesquisador uma possibilidade de compreensão do

pensamento e dos comportamentos dos sujeitos. Ele é flexível para dar conta das inúmeras possibilidades que podem surgir ao longo de uma experiência ou entrevista, ao mesmo tempo em que exige uma organização muito rápida das hipóteses e do pensamento do pesquisador para que seja aplicado da maneira mais adequada.

De acordo com Piaget (1926, p. 7), no método de exploração crítica, o essencial é não induzir o pensamento, “mas em fazer falar livremente e em descobrir tendências espontâneas, em vez de canalizá-las e as conter. Consiste em situar qualquer sintoma dentro de um contexto mental, em vez de fazer abstração do contexto”. As exigências para com o entrevistador são inúmeras, a reformulação das hipóteses é constante e a sagacidade tem de ser imediata. Os obstáculos incluíram o medo de se perder alguma informação importante que estivesse surgindo no decorrer da entrevista ou, principalmente, de se falar demais e conduzir o pensamento do entrevistado.

Baseado nisso, foi desenvolvido um protocolo de perguntas que versava sobre as conclusões que os sujeitos poderiam fazer a respeito das propriedades de massa e de volume de um corpo e como este se comportaria em uma queda livre. Foram utilizados como materiais concretos para as atividades de observação duas esferas de mesmo volume com massas diferentes e duas folhas de papel idênticas em massa e volume. O protocolo foi dividido em três momentos que são relatados a seguir.

I) Identificação das propriedades das esferas:

Primeiramente, solicitou-se que o sujeito comparasse o volume das duas esferas, identificando-as. Logo após, fez-se a suposição que as duas esferas possuíam a mesma massa e, sem realizar o experimento, perguntou-se o que o sujeito poderia afirmar sobre o momento em que as duas chegariam ao chão, se seria ao mesmo tempo ou em tempos diferentes. Em seguida, com a mesma suposição anterior, questionou-se o que aconteceria se caíssem de alturas diferentes. Na última pergunta desse momento lançou-se a hipótese de que as massas das esferas seriam diferentes e novamente foi perguntado o que se observaria se essas caíssem da mesma altura.

II) Identificação das propriedades das folhas:

Colocando duas folhas idênticas na frente do sujeito, assim como no primeiro momento, solicitou-se que ele as comparasse quanto à massa e ao volume. Depois, uma das folhas era amassada e novamente pediu-se que o sujeito fizesse a mesma comparação anterior. Em seguida, perguntou-se o que aconteceria se a folha aberta e a amassada caíssem da mesma altura e, logo após a resposta, efetuou-se o experimento, tendo sido pedido que o sujeito explicasse o que ele observou.

III) Verificação experimental dos dois primeiros momentos:

Na primeira parte desse momento, continuou-se a utilizar as folhas, só que agora com as duas amassadas. Mais uma vez, foi requisitado que o sujeito comparasse as duas quanto à massa e ao volume. Após, perguntou-se o que se poderia afirmar quanto ao tempo de queda das folhas amassadas, se ambas caíssem da mesma altura e, após a resposta, fez-se o experimento.

Em um segundo momento, novamente trabalhou-se com as esferas, permitindo agora que o sujeito as tocasse e fizesse uma comparação quanto à massa. Na seqüência, perguntou-se o que o sujeito poderia afirmar quanto ao tempo de queda dessas duas esferas, se caíssem de uma mesma altura, e, novamente após a resposta, realizou-se o experimento.

O protocolo descrito acima foi padrão para os três grupos analisados. Entretanto, para os grupos B e C, por saber-se que já haviam estudado o fenômeno da queda dos corpos, foi pedido antes da realização do experimento, que estes respondessem um exercício escolar clássico de livros didático de Ensino Médio. A questão foi a seguinte:

Um corpo de massa igual a 4 kg cai a partir do repouso de uma altura de 80 m. Qual o tempo que ele levará para chegar ao chão ($h = 0$ m)? (Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $h = h_0 + v_0t - gt^2/2$)

Depois de solucionado, realizou-se todo o protocolo e após o último questionamento indagou-se ao sujeito se ele conseguia relacionar o que observou durante a entrevista com o exercício que havia resolvido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados procurou-se encontrar os modelos explicativos que os entrevistados elaboraram. Desta análise, observaram-se três níveis de desenvolvimento cognitivo entre os sujeitos pesquisados que são relatados a seguir.

I) Não compreendem o fenômeno, ignorando-o ou não conseguindo explicá-lo.

Reúne a maioria dos sujeitos. Nesse nível o sujeito até consegue observar que os dois chegam ao mesmo tempo, mas nem ao menos tentam explicar o acontecido, como em um processo de recalque ao problema. Também engloba os sujeitos que apenas decoraram a resposta de alguma aula que tiveram sobre o tema, mas também não apresentaram uma explicação coerente. Nos Grupos B e C, onde o exercício escolar foi proposto, estes sujeitos não conseguiram relacioná-lo com a situação proposta, dizendo inclusive que se a massa no problema fosse aumentada, o tempo obtido também mudaria. Mostra-se abaixo trecho da entrevista de um sujeito do grupo B:

Pegando as duas esferas, que se pode afirmar quanto à massa? *Um deles é mais pesado.* E o que se pode dizer então do tempo de queda se elas forem jogadas da mesma altura? *Essa cai mais rápido* (aponta a de maior massa). Por quê? *Porque é mais pesado.* (é realizado o experimento). O que tu observaste? *Elas caem juntas.* Mas tu me disseste que o de maior massa cairia primeiro. *É, não sei explicar.* No exercício proposto, se tu mudares o valor da massa, isso afetaria na tua resposta sobre o tempo de queda? *Acho que irá mudar, chegando mais rápido.* Mas foi o que tu conseguiste observar no experimento? *Não, acho que chegaram ao mesmo tempo, mas não sei se é porque o outro é muito leve. Mas na conta acho que muda.*

II) Não consegue compreender plenamente o fenômeno devido ao predomínio do pensamento de senso comum.

Este caso aconteceu na maioria dos sujeitos do Grupo C, onde tínhamos pessoas de idade entre 45 e 60 anos. Estes sujeitos até conseguiram assimilar o acontecido, entretanto eles não acomodaram esta situação, devido à forte influência de seu senso comum. Como justificativa, mostra-se trecho da entrevista de um sujeito do referido grupo:

Pegando as duas esferas, que se pode afirmar quanto à massa? *Um tem massa maior que o outro.* E o que se pode dizer então do tempo de queda se elas forem jogadas da mesma altura? *O de mais massa cairá primeiro.* (é realizado o experimento). O que tu observaste? *O mais pesado caiu primeiro* (o sujeito apresenta dúvida). Queres fazer o experimento novamente? *Sim.* (o experimento é realizado novamente). E o que tu observaste agora? *É, acho que eles caem quase ao mesmo tempo.* Mas tu me disseste que o de maior massa cairia primeiro. *Pois é, mas eu posso estar errado, mas visualmente o mais "pesado" cai primeiro.* No exercício proposto, se tu mudares o valor da massa, isso afetaria na tua resposta sobre o tempo de queda? *É, acho que sim.*

Percebe-se que neste sujeito as operações que ele faz para tentar entender o acontecido, superam inclusive a sua percepção visual da realidade, tanto que ele enxerga que os dois caem em tempos diferentes mesmo fazendo várias vezes esse mesmo experimento. E isso ele leva inclusive para a análise do exercício escolar proposto, que de nada o ajuda na compreensão efetiva do fenômeno.

III) Conseguem construir um modelo explicativo para o problema.

Estes sujeitos, apesar de inicialmente terem dito que corpos de massas diferentes iriam cair em tempos diferentes, após a observação no experimento que os dois corpos caíam ao mesmo tempo, conseguiram assimilar o acontecido, acomodando de forma a ter um novo esquema de ação para a situação proposta. Isto permitiu a aprendizagem do novo conceito. Houve um caso no Grupo A, um no B e dois no C. Transcreve-se trecho da entrevista de um sujeito do Grupo C:

Pegando as duas esferas, que se pode afirmar quanto à massa? *Tem massas diferentes.* E o que se pode dizer então do tempo de queda se elas forem jogadas da mesma altura? *O que tem mais massa cairá primeiro.* (é realizado o experimento). O que tu observaste? *Acho que o que tem mais massa caiu um pouco antes.* *Pode fazer de novo?* (é realizado novamente o experimento). E agora? *Não, Não, acho que os dois caem ao mesmo tempo.* Mas tu me disseste que o de maior massa cairia primeiro. *Pois é, mas constatei que o valor da massa não influi no tempo de queda.*

Este mesmo sujeito quando pedido que relacionasse o exercício escolar com o que conseguiu observar no experimento realizado, teve enormes dificuldades e somente ao final, após uma grande intervenção do entrevistador, ele conseguiu “enxergar” a não influência da massa no cálculo, entretanto aparentemente não compreendeu totalmente essa relação.

4. CONCLUSÕES

Notou-se que em alguns aspectos a idade do sujeito entrevistado realmente interfere nas perguntas a ele apresentadas, principalmente no que tange à conservação da massa e do volume. Todavia, a explicação do fenômeno de queda livre por parte dos entrevistados não teve influência alguma com a idade dos mesmos. Verificou-se que nenhum dos sujeitos, tanto os da 4ª Série do Ensino Fundamental quanto do 2º ano do Ensino Médio e do Pré-vestibular, tinham conhecimento acerca da não interferência da massa nos corpos em queda livre. E muitos dos que conseguiram perceber isso depois da experiência não sabiam explicar o porquê de tal fenômeno. Esse fenômeno teve como consequência um conflito cognitivo na mente do sujeito. Alguns evoluíram criando um modelo explicativo, outros apenas recalaram não sofrendo nenhuma interferência em sua estrutura cognitiva. No entanto, vale ressaltar, que para os entrevistados do Grupo B e C, mesmo os que entenderam o fenômeno e sua causa não conseguiam relacionar com o exercício escolar referido a eles. Isso vem a corroborar que a Física da sala de aula não tem relação com o cotidiano, como afirmam alguns estudantes. Para estes, mesmo com um arcabouço teórico, o ensino escolar não o ajudou a explicar o fenômeno, ocasionando ainda, para alguns, uma confusão de conceitos que são incomensuráveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER, F. (2001). **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: ARTMED.
- MARION, J.B.; THORNTON, Stephen T. (1995). **Classical dynamics of particles**

and systems. 4th edition. Philadelphia: Harcourt Brace & Company.
PIAGET, J. (1976). **A equilibração das estruturas cognitivas: O Problema Central do Desenvolvimento.** Trad. Marion Merlone dos Santos Penna. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
VINH-BANG.(1966). La méthode clinique et la research en psychologie de l' enfant. In **Psychologie et épistémologie génétiques, Thèmes piagétiens.** Paris: Dunod.