

IV ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS



ATAS



**Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS
15 a 17 de setembro de 2011**

IV ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS

ATAS

Organizadores:

Leonardo Albuquerque Heidemann
Eliane Angela Veit
Ives Solano Araujo
Marco Antonio Moreira

UFRGS – Instituto de Física
Porto Alegre
2011

Organizadores do evento:

Eliane Angela Veit (UFRGS)

Ives Solano Araujo (UFRGS)

Marco Antonio Moreira (UFRGS)

Pedro Fernando Teixeira Dorneles (UNIPAMPA)

O IV Encontro Estadual de Ensino de Física – RS foi realizado em Porto Alegre, RS, no período de 15 a 17 de setembro de 2011 e organizado pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider

E56a Encontro Estadual de Ensino de Física – RS (4. : 2011 :
Porto Alegre, RS).

Atas [recurso eletrônico] / Encontro Estadual de
Ensino de Física - RS ; organizadores: Leonardo
Albuquerque Heidemann ... [et al.]. – Porto Alegre :
UFRGS – Instituto de Física, 2011.

Organizado pelo Grupo de Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Modo de acesso:

<http://www.if.ufrgs.br/mpef/4eeefis/Atas_IVEEEFis_RS.pdf>

ISBN 978-85-64948-04-4

1. Ensino de Física. 2. Congressos. I. Heidemann,
Leonardo Albuquerque. II. Título

UM ESTUDO TRANSVERSAL SOBRE A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS NA PERSPECTIVA DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Júnior Saccon Frezza [junior.frezza@ufrgs.br]

Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, RS

Núcleo de Estudos em Epistemologia Genética e Educação

João Alberto da Silva [joao.alberto@ufrgs.br]

Instituto de Educação, UFRGS, Porto Alegre, RS

Núcleo de Estudos em Epistemologia Genética e Educação

Resumo

O fenômeno de queda livre é tão casual que as vezes não se dá a devida importância a ele, principalmente professores que cada vez mais se tornam reprodutores de conhecimento ao invés de construtores e interlocutores. Neste trabalho buscou-se, centrado nas bases da Epistemologia e Psicologia Genéticas, analisar a compreensão do fenômeno de queda livre dos corpos por parte de indivíduos de diferentes idades e escolaridades. A partir das respostas apresentadas obtiveram-se diferentes classificações conforme os processos mentais elaborados pelos sujeitos quando indagados sobre a influência da massa de corpos em queda livre.

Palavras-chave: corpos em queda livre; epistemologia genética; método clínico.

INTRODUÇÃO

É nítida a dificuldade de sujeitos escolares referentes a conteúdos de Física. Professores se queixam da falta de empenho de seus alunos, enquanto estes julgam a Física ser aplicada a outro mundo, um mundo ideal de constantes e equações. Juntamente com a matemática e a química, a Física é vista por muitos alunos como algo de difícil entendimento e que apesar de pretender explicar a natureza parece não haver vínculo algum com esta. Não obstante a isso, a Física parece exigir um elevado grau de formalidade para seu entendimento, gerando dificuldade no aprendizado. Num primeiro momento isso pode parecer contraditório, já que a Física tenta entender fenômenos cotidianos. Contraditório porque entender o real não deveria necessariamente estar ligado a um formalismo, já que se trata de objetos empíricos de conhecimento. Porém, parece-me claro que mesmo se tratando de objetos empíricos, há-se a necessidade do sujeito em construir modelos explicativos para a interpretação de fenômenos cotidianos.

Há muitas teorias que tentam explicar a aprendizagem. Algumas possuem suas raízes no empirismo, que considera o sujeito como *tábula-rasa*. Outras, fundadas no apriorismo, pressupõe que o sujeito já nasce com todas as estruturas cognitivas, cujo surgimento é uma questão de maturação. O que essas duas teorias têm em comum é a ideia que o sujeito é passivo quanto ao

seu aprendizado. Contudo, o Construtivismo vem com a ideia que o sujeito é agente de seu conhecimento. Com isso, nada mais justo do que investigar a origem dos processos de aprendizagem, firmando as bases na Epistemologia Genética.

Com isso, procuramos entender como os sujeitos interpretam o fenômeno de corpos em queda livre. Como sofrem influências da sociedade, e trazem consigo uma bagagem de informações de inúmeras gerações, é fundamental o entendimento da origem dos estudos desse fenômeno, até a concepção hoje utilizada.

Na antiguidade havia a ideia, entre os filósofos, de que os movimentos necessitavam e eram consequências de uma *causa*. Essa ideia perdurou até o começo do século XVII, quando Galileu e Newton desenvolveram mecanismos de raciocínio sobre o movimento dos corpos. Devido aos estudos, 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.

Porém, dificilmente se observa objetos caindo juntos de uma mesma altura no dia-a-dia. E dificilmente alguém é atingido por uma maçã na cabeça para pensar sobre o assunto (pelo menos é esse o fato abordado em livros que fez Newton estudar os objetos em queda livre). No entanto, se os sujeitos são agentes do conhecimento, é interessante pesquisar as operações de pensamento e os modelos explicativos que os sujeitos elaboram para a solução deste fenômeno.

ABORDAGEM CONCEITUAL

Desde muito jovem a criança constrói significações para o mundo em que está inserida, mesmo não tendo a consciência de que ela mesma faz parte desse mundo. Dessas significações ela busca dar uma explicação aos fenômenos reais vividos por ela. Essas explicações quase sempre estão baseadas em respostas que não condizem com a realidade descrita por sujeitos que possuem um pensamento formal. Isso faz-nos pensar que a realidade não é imposta ao sujeito tal e qual, mas é devida a uma construção gradativa. Construção essa que designa um sujeito ativo, que age sobre os objetos, e este sobre aquele. Em Piaget, isto é posto como base de sua teoria interacionista, onde a construção do real se deve à interação sujeito-objeto.

Mas se a construção é devida a uma interação, no momento em que o sujeito age sobre o mundo que o cerca, porque não o faz de acordo com a realidade, ao invés de deformá-lo? Primeiramente deve-se entender que esta ação é biunívoca. O sujeito age sobre o objeto de conhecimento, mas ao mesmo tempo o objeto impõe certa dificuldade de assimilação, ou seja, o próprio objeto age sobre o sujeito. Daí a necessidade de uma teoria interacionista, que leva em conta os dois pólos, o caráter ativo do sujeito e do objeto, que se funde em uma interação. Piaget (1983, p. 6) afirma que

[...] o conhecimento não procede, em suas origens, nem de um sujeito consciente de si mesmo nem dos objetos já constituídos (do ponto de vista do sujeito) que a ele se impoem. O conhecimento resultaria de interações que se produzem a meio caminho entre os dois, dependendo, portanto dos dois ao mesmo tempo, mas em decorrência de uma indiferenciação completa e não de intercâmbio entre as formas distintas.

Isso nos remete então a ideia de uma construção de noções, que, por sua vez, implica uma construção de esquemas. Um esquema é a generalização de uma ação. Desde muito jovem a criança busca a assimilação do real para seu desenvolvimento. Em relação às estruturas lógico-matemáticas, desde as primeiras ações elas se fazem presentes, porém em diferentes aspectos. A criança, inicialmente, por meio de reflexos, logo não intencionais, acaba, por acidente, agarrando o dedo de um adulto quando este o coloca na mão da criança. Após, e isso não se justifica pela maturação, a criança começa a agarrar tudo que lhe é posto em sua mão. Constrói-se aí um esquema de agarrar. Posteriormente este esquema será relacionado com o esquema de sucção, onde tudo que a criança agarra é levado à boca. Isso se deve a uma coordenação das ações, ou coordenação de esquemas. A partir desses esquemas e da coordenação de n esquemas, a criança vai se desenvolvendo cognitivamente. Este por sua vez, restrita ao desenvolvimento biológico. Neste período, chamado por Piaget de 'Sensório-motor', a criança se restringe a organização de seu corpo o espaço e das primeiras adaptações ao real. Neste estágio, suas construções mais importantes são a noção de objeto permanente e o grupo de deslocamentos, possibilitando ao recém nascido a consciência que um objeto não desaparece no momento em que é retirado de seu campo visual. O grupo de deslocamentos, por sua vez, possibilitará à criança se locomover entre dois pontos, coordenando seus próprios movimentos, possibilitando um retorno posterior quando o achar necessário. Essas coordenações possibilitarão, a um nível seguinte, a construção de uma estrutura capaz de ações interiorizadas.

Com o surgimento da função simbólica, tudo o que a criança construiu no estágio sensório-motor será transposto em um novo patamar. A estrutura lógico-matemática se reorganiza pelo fato de que agora as organizações práticas são reconstruídas no plano representativo, potencializando a assimilação de seus esquemas. Neste estágio, o 'pré-operatório', que surge de uma reconstrução do período anterior, as ações, antes apenas práticas, agora podem ser interiorizadas, mas estas ainda possuem um caráter unívoco, carecendo de reversibilidade e reciprocidade, ou seja, de inferências sistemáticas e de fechamentos.

Por volta dos 7, 8 anos, a criança novamente reconstrói toda a sua estrutura cognitiva em aspectos mais gerais de assimilação. O sujeito agora pode agir sobre um determinado conteúdo, e em pensamento retornar à situação inicial. Esse novo poder se deve graças a uma reconstrução do estágio

precedente, possibilitando uma ação no plano do pensamento. O que marca este nível, o 'operatório-concreto' é o surgimento das operações concretas. O sujeito ainda se restringe ao real, mas tem a capacidade de reverter uma ação no plano do pensamento. Piaget chama isso de 'reversibilidade', permitindo construir estruturas de classe, noções de conservação, seriação, modificando profundamente a capacidade assimiladora da estrutura lógico-matemática. Toda essa construção leva o sujeito a se desprender do real, em levantar hipóteses, aspectos estes que só serão possíveis com o surgimento do pensamento formal.

O caráter marcante do estágio 'operatório formal' é a capacidade do sujeito em levantar hipóteses e trabalhar com deduções. Isso remete a uma coordenação de operações, não mais vinculada ao real necessariamente. O sujeito que possui um pensamento formal não se restringe ao que se pode realizar, mas especula 'n' hipóteses, combinando-as resultando em '(n + n)'' possibilidades. O grande marco deste estágio é a organização da estrutura lógica de grupo, possibilitando a organização e coordenação de 'n' operações em formas diferentes de reversibilidade lógica. Essas características são reunidas no chamado Grupo INRC que inclui operações de Identidade (I), Negação (N), Reciprocidade (R) e Correlação (C), possibilitando o pensamento ser construído no plano hipotético-dedutivo.

Se o conhecimento é então construído e essa construção é devido à existência de esquemas, estes por sua vez, remetem a existência de mecanismos que possibilitem a relação dos esquemas com o objeto de conhecimento.

O conhecimento, para ser construído pelo sujeito, deve-se ao fato de que existe uma estrutura capaz de assimilá-lo. Essa estrutura deve ser entendida não apenas como a adição de n esquemas, mas, além disso, como uma coordenação desses esquemas. O sujeito então por meio dos esquemas dispostos, busca assimilar o objeto de conhecimento à sua estrutura. Nesta assimilação a estrutura pode sofrer uma perturbação e, se sofrer, procura retomar o equilíbrio. Assim, ao equilibrar-se, a estrutura se reorganiza e evolui para um novo patamar de conhecimento. Isso é o que Piaget (1976) chama de *equilíbrio majorante*. No entanto, dois elementos são responsáveis pelo equilíbrio cognitivo do sujeito. O primeiro é assimilação ou incorporação de um elemento exterior em um esquema sensório-motor ou conceitual do sujeito. O segundo seria a acomodação, ou seja, a necessidade em que se acha a assimilação de levar em conta as particularidades próprias dos elementos a assimilar. Neste jogo entre a assimilação e a acomodação, a estrutura cognitiva do sujeito evolui para um novo patamar, onde neste ele pode assimilar novos conhecimentos cada vez mais complexos. Isso não significa dizer que a estrutura anterior seja descartada, pois "as estruturas de um conjunto são integrativas e não se substituem uma às outras: cada uma resulta da precedente, integrando-a na qualidade de estrutura subordinada e prepara a seguinte, integrando-se a ela mais cedo ou mais tarde." (PIAGET e INHLEDER, 1978, p. 132).

É nesta evolução que se refere às equilibrações majorantes que o sujeito vai se tornando cada vez mais apto a interpretar corretamente os fenômenos cotidianos. Assim como o real exige uma construção, qualquer conhecimento necessita de um jogo de assimilações e acomodações. Então o que o sujeito tem como real, na verdade esta realidade está vinculada e restrita pela estrutura do sujeito.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo experimental e de cunho qualitativo. O referencial adotado é o do Método Clínico piagetiano, utilizado em pesquisas em Epistemologia e Psicologia Genéticas.

O Método Clínico 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 variáveis que podem surgir ao longo de uma experiência ou entrevista. Ao mesmo tempo, exige uma organização muito rápida das hipóteses e do pensamento do pesquisador.

Piaget (1926, p. 7) afirma que, 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”.

Não obstante, os processos de pensamento não são visíveis exclusivamente pela observação pura do comportamento. O sujeito pode estar em alta atividade mental sem produzir uma ação exterior. A expectativa é de descobrir os processos mentais elaborados pelos participantes da pesquisa na solução de problemas que envolvem a queda livre de corpos.

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. Como materiais concretos para as atividades de observação, foram utilizadas 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: identificação das propriedades das esferas, identificação das propriedades das folhas e, por último, verificação experimental dos dois primeiros momentos.

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

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA UTILIZADA

Primeiramente, solicitou-se que o sujeito identificasse as propriedades das esferas, comparando o volume das duas, sem as tocar. 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 soltas ao mesmo tempo e a uma mesma altura. Os sujeitos deveriam raciocinar se as esferas tocariam o chão 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, fez-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.

Passa-se, em seguida, à 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. Logo após a resposta, efetuou-se o experimento, pedindo que o sujeito explicasse o que ele observou.

Resta, por fim, a verificação experimental dos dois primeiros momentos. Continuou-se a utilizar as duas folhas, porém 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. Após a resposta, realizou-se o experimento e foi requerido, ao sujeito, que ele explicasse o que observou. Em seguida, trabalhou-se novamente com as esferas, permitindo agora que o sujeito as tocasse, possibilitando à ele uma comparação quanto à massa. Na sequência, perguntou-se o que o sujeito poderia afirmar quanto ao tempo de queda dessas duas esferas, se caíssem de uma mesma altura. Novamente, após a resposta, realizou-se o experimento e o sujeito foi requisitado a explicar o que observou.

O protocolo descrito acima foi padrão para os três grupos analisados. Entretanto, para os grupos da 2ª série do Ensino Médio e do curso Pré-vestibular, 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 dos livros didáticos de Ensino Médio. A pergunta 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.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nota-se que a identificação das propriedades das esferas e das folhas, bem como os procedimentos à elas realizados, foram analisados justamente para identificar se há alguma dependência entre a massa do objeto com o tempo de queda do mesmo. Essa análise é ressaltada, pois um sujeito pode admitir que devido à folha amassada ser mais pesada (por estar amassada) é que ela chega primeiro ao chão, referente à folha que se encontra aberta. Isso seria suficiente para sustentar a sua hipótese inicial, a qual indica que objetos de massas diferentes, soltos a uma mesma altura, irão cair em tempos diferentes.

Primeiramente, utilizaram-se duas folhas amassadas. Neste momento, os sujeitos não encontraram problema em identificar que possuíam a mesma massa. Quando indagados sobre o tempo de queda dos dois corpos largados a mesma altura, os sujeitos verificaram que somente em razão de ambos possuírem a mesma massa é que caem juntos.

No segundo experimento, onde previamente identificavam que as esferas possuíam massas diferentes, todos afirmavam que os dois cairiam em tempos diferentes. Entretanto isso não acontece. Piaget afirma que “As percepções – tal como as noções – do tempo apresentam dois aspectos: um, relativo a ordem dos acontecimentos (sucessão ou simultaneidade); o outro, à duração ou intervalos entre os acontecimentos. Ora, tanto um como o outro desses dois aspectos revela-se do ponto de vista psicogenético, estar em relação com as velocidades,...” (1981, p. 16). Se ambas as concepções estão relacionadas com as velocidades, então para um sujeito diante de “dois movimentos com a mesma velocidade, partindo do mesmo ponto e chegando ao mesmo ponto, não há dificuldade em considerar os momentos de paragem como simultâneos.” (1981, p. 17). Porém, a grande dificuldade de considerar que as duas esferas chegam ao chão simultaneamente é o fato dos sujeitos julgarem as velocidades das esferas como distintas. E essa distinção das velocidades se deve à diferença entre as massas das duas esferas. Os sujeitos possuem a noção de que a velocidade de queda das esferas depende da massa. Julgando as velocidades diferentes, logo acreditam que as duas esferas não podem chegar ao chão ao mesmo tempo, ou seja, não descrevem a paragem das esferas como simultâneas. Surgem então três níveis de explicação para o ocorrido:

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 corpos chegam ao chão ao mesmo tempo, mas nem ao

menos tenta explicar o acontecido, como em um processo de recalque ao problema. Também se engloba os sujeitos que apenas decoraram a resposta, 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, afirmando, inclusive, que se a massa no problema fosse aumentada, o tempo obtido (tempo que o corpo levaria para atingir o chão) mudaria. Mostra-se abaixo um trecho da entrevista:

Sujeito 2 (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.*

Vale ressaltar que o sujeito, além de não compreender o experimento, também não compreende o fenômeno físico envolvido no problema escolar proposto. Apesar de o sujeito ter respondido corretamente a questão proposta, ele a faz de forma matematicamente organizada, porém não raciocina fisicamente. É como se o fizesse de forma mecanizada sem levar em conta que a equação " $h = h_0 + v_0t - gt^2/2$ " não envolve o termo m (massa), logo a mudança da massa do corpo não influiria em seu tempo de queda. Isso nos remete a analisar que o sujeito diante das possibilidades oferecidas pelo problema, possui uma pseudonecessidade que é justamente atribuir ao corpo mais pesado um tempo menor de queda. Ao mesmo tempo em que isso acontece, parece não haver contradição alguma, do ponto de vista do sujeito, em afirmar a variância no tempo de queda referente aos corpos no experimento e no exercício proposto. Mesmo analisando experimentalmente que dois corpos de massas diferentes chegam ao chão ao mesmo tempo, isso é julgado como inverdade no caso do exercício. Isto corrobora na afirmação de muitos alunos que Física, para ser entendida, é necessário "abandonar" o mundo real e pensar em mundo hipotético de fórmulas, Princípios e Leis, normalmente válidas para casos ideais.

II) Não consegue compreender plenamente o fenômeno.

Este caso aconteceu em 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, que relaciona a massa de um corpo com seu tempo de queda. Como justificativa, mostra-se um trecho da entrevista de um sujeito do referido grupo:

Sujeito 25 (Grupo C). 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 soltas 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. Ele observa os dois chegarem ao chão em tempos diferentes, mesmo realizando várias vezes o experimento. E isso ele aplica inclusive na análise do exercício escolar proposto, que de nada o ajuda na compreensão efetiva do fenômeno. Isto mostra que os esquemas construídos pelo sujeito corrigem a própria percepção. O sujeito interpreta o real de acordo com os esquemas que vem construindo desde seu nascimento, porém o real impõe limites à sua assimilação. A assimilação do real é deformante, conseqüentemente sua assimilação não se dá em sua totalidade. Julga-se então, que o real tem um caráter ativo frente sua assimilação pelo sujeito. Por conseguinte, é evidente a dificuldade que estes sujeitos possuem para assimilar essa nova informação proveniente da interação sua com o objeto de conhecimento.

III) Conseguem construir um modelo explicativo para o problema.

Estes sujeitos, apesar de inicialmente terem dito que corpos de massas diferentes chegam ao chão em tempos diferentes, após a observação no experimento, onde os dois corpos caem 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. Transcrevem-se trechos da entrevista de sujeitos do Grupo A e C:

Sujeito 3 (Grupo A). Pegando as duas esferas, que se pode afirmar quanto ao peso? *Um deles é mais pesado.* E o que se pode dizer então do tempo de queda se elas forem jogadas da mesma altura? *O que tem mais peso vai cair primeiro.* (é realizado o experimento). O que tu observaste? *Acho que caíram juntos* (é realizado novamente o experimento). E agora? *É, caíram juntos.* Mas tu me disseste que o mais pesado chega antes. *Pois é, acho que tem a ver com a altura.* Mas tu achas que o peso da esfera vai influenciar no tempo que eles chegam ao chão? *Não. Não. Acho que não depende.*

Sujeito 23 (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.

Nota-se que neste estágio, os sujeitos, inicialmente, possuem uma noção de que corpos de diferentes massas chegam ao chão em tempos diferentes. Ou seja, que a massa de um corpo influencia em seu tempo de queda. Porém, quando deparados com o experimento que se confronta com essa noção, o sujeito se desequilibra cognitivamente. A sua estrutura cognitiva, que até então suportava uma noção que relacionava a massa de um corpo com seu tempo de queda, agora é confrontada por um dado empírico. Piaget afirma que "... um fato novo [...] pode contradizer um modelo explicativo até a sua completa eliminação..." (1995, p.291). Isso quer dizer que a noção, até então vigente nos sujeitos, foi eliminada por uma nova noção imposta pelas necessidades do sujeito em reequilibrar sua estrutura. Porém, 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos sujeitos com maior idade terem enfrentado maiores experiências ao longo da vida do que os mais novos, isso não os ajudou em responder as questões provenientes do experimento, visto que nenhum deles tinha conhecimento acerca da não interferência da massa nos corpos em queda livre. Porém, parece-se claro que a noção da dependência da massa no tempo de queda livre dos corpos é mais acentuada nos sujeitos de maior idade.

De certa forma, o experimento, contraditório à noção vigente, repercute de maneira mais significativa nos sujeitos dos grupos A e B. Mesmo assim os que conseguiram perceber essa contradição não sabiam explicar o porquê de tal fenômeno. Esse conflito cognitivo pode ter como consequência um desequilíbrio na estrutura do sujeito. Alguns evoluíram reconstruindo seu modelo explicativo, ou seja, assimilaram o novo a um esquema fazendo com que este sofresse uma acomodação.

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 proposto a eles. Dentre estes, muitos resolveram o problema escolar proposto de forma mecanizada, sem levar em consideração os conceitos físicos envolvidos no problema. 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.

REFERÊNCIAS

BECKER, F. **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: ARTMED, 2001.

BECKER, F.; MARQUES, T. B. I. (Org.) **Ser professor é ser pesquisador**. Porto Alegre: Mediação, 2007.

BECKER, F. Aprendizagem – concepções contraditórias. **Revista eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, v. 1, n. 1, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. v. 1, 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

MARION, J.B.; THORNTON, S. T. **Classical dynamics of particles and systems**. 4th edition. Philadelphia: Harcourt Brace & Company, 1995.

PIAGET, J. **A epistemologia genética / Sabedoria e ilusões da filosofia; Problemas de psicologia genética**. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 294p.

_____. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. 175 p.

_____. **A representação do mundo na criança**. Rio de Janeiro: Record, 1926. 318 p.

_____. **Abstração Reflexionante: relações lógico-aritméticas e a ordem das relações espaciais**. Trad. Fernando Becker e Petronilha Beatriz Gonçalves da Silva. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 292 p.

_____. **Lógica e Conhecimento Científico**. v. 2. Coleção Ponte. Porto: Livraria Civilização, 1981. 590 p.

_____. **O desenvolvimento das quantidades físicas na criança: conservação e atomismo**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 359 p.

_____; INHELDER, B. **Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente: Ensaio Sobre a Construção das Estruturas Operatórias Formais**. Trad. Dante Moreira Leite. São Paulo: Pioneira, 1976.

SILVA, J. A. **Modelos de Significação e Pensamento Lógico-matemático: um estudo sobre a influência dos conteúdos na construção da inteligência**. Tese (Doutorado em Educação) – UFRGS/ FAGED/ PPGEDU, Porto Alegre, 2009.

VINH-BANG. La méthode clinique et la research en psychologie de l' enfant. In: **Psychologie et épistémologie génétiques, Thèmes piagétiens**. Paris: Dunod, 1966.