



# A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO SOBRE A QUEDA LIVRE DOS CORPOS POR MEIO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

## CONSTRUCTION OF THE CONCEPT ABOUT FREE FALL OF THE BODYS THROUGH EXPERIMENTAL ACTIVITY

Moacir Pereira de Souza Filho<sup>1</sup>

Antonio Carlos Jesus Zanni de Arruda<sup>2</sup>, Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>3</sup>, João José Caluzi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/Faculdade de Ciências, moacir@fc.unesp.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/Faculdade de Ciências, arrudafilosofia@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/Faculdade de Ciências, serginho@fc.unesp.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/Faculdade de Ciências, caluzi@fc.unesp.br

### Resumo

O objetivo central deste artigo é apresentar um estudo realizado, em sala de aula, com alunos do primeiro ano do Ensino Médio, de uma Escola Estadual da cidade de Marília/SP. O trabalho é fruto de um projeto didático de uma disciplina do curso de Pós-Graduação em Educação para Ciência – UNESP/Bauru e está fundamentado na epistemologia genética de Jean Piaget. O tema resgata um panorama histórico sobre o conteúdo físico envolvendo o fenômeno da queda dos corpos. Foram realizadas algumas atividades experimentais abandonando dois objetos simultaneamente para verificar qual chegaria mais rapidamente ao solo. Elaboramos um questionário que foi aplicado antes e após os experimentos. Em seguida, os alunos dissertaram sobre o conteúdo ensinado. A metodologia de análise utilizada é a *Análise de Conteúdo*. Os resultados e análises são apresentados ao leitor.

**Palavras-chave:** História da Ciência, Ensino de Ciências, Jean Piaget, Queda Livre.

### Abstract

The main goal of this paper is to present a work developed with students of the first year of the High School, of a public school in the Marília city. The work is a didactic project of one disciplines of the graduation course and is based on the genetic epistemological of Jean Piaget. The content rescues a historical panorama on the physical content involving the phenomenon of the fall of the bodies. Some experimental activities had been carried through abandoning two objects simultaneously to verify which would arrive more quickly at the ground. We elaborate a questionnaire that was applied before and after the experiments. After that, the pupils write on the taught content. The used methodology is the Analysis of Content. The results and analyses are presented the reader.

**Keywords:** History of Science, Science Education, Jean Piaget, Free Fall.

## INTRODUÇÃO

A queda livre dos corpos caracteriza-se por um fenômeno natural contra-intuitivo. Em outras palavras, é comum as pessoas considerarem que um corpo em queda livre que possua maior massa, caia mais rapidamente que um corpo mais leve. O que significa dizer que, se considerarmos ambos abandonados de uma mesma altura e no mesmo instante, geralmente, o primeiro (maior massa) atingirá o solo mais rapidamente que o último (menor massa). Apesar das evidências observacionais, o tempo de queda de um objeto independe de sua massa e, podemos dizer que, a resistência do ar, geralmente, é a responsável por retardar o tempo de queda do objeto mais leve.

O astronauta David Scott da Apollo 15, ao pousar na lua, realizou uma experiência interessante para demonstrar que a massa não interfere na queda dos corpos. Abandonou um martelo e uma moeda de uma mesma altura, e os dois caíram simultaneamente, atingindo o solo lunar praticamente ao mesmo tempo. Cabe salientar que, a lua possui um valor de aceleração da gravidade relativamente menor que a Terra. No caso, a atmosfera lunar sendo tênue, é fácil notar que os dois objetos por estarem submetidos à mesma aceleração, percorrem as distâncias até o solo, em tempos iguais.

Não é fácil convencer os alunos que o tempo de queda de um objeto independe de sua massa, porque eles vivenciam fenômenos que ratificam aquelas concepções alternativas, ocorrendo o que Bastos *et al.* (2004) denominam de o *Fenômeno da Distorção*. Além disso, o professor não dispõe de equipamentos demonstrativos, como, por exemplo, um tubo de vácuo que possa, por meio de uma experimentação sistematizada, mostrar que todos os objetos em queda livre adquirem uma aceleração constante.

O principal objetivo deste trabalho foi propor algumas atividades demonstrativas, com materiais disponíveis em sala de aula, para que o professor possa paulatinamente desestruturar as concepções alternativas que os estudantes possuem e, concomitantemente reestruturá-las de acordo com o conceito aceito socialmente pela comunidade científica. Não se trata de impor o conhecimento estabelecido, mas, respeitar e utilizar as concepções prévias que o aluno possui como suporte ao novo conhecimento.

Este trabalho está embasado na *Teoria da Equilibração* proposta por Jean Piaget e pode ser dividido em duas partes. A estrutura teórica foi desenvolvida pelo primeiro e segundo autores, por meio de um projeto didático de uma disciplina no curso de Pós-Graduação. A parte empírica, ou a aplicação em sala de aula, foi realizada pelo terceiro autor. O quarto autor orientou o trabalho de pesquisa. Os alunos eram ingressantes no Ensino Médio, ou seja, alunos do primeiro ano cuja faixa etária gira em torno dos 15 anos de idade. Segundo Piaget, estes indivíduos ultrapassaram a fase de desenvolvimento cognitivo *Operatório-Formal* e, portanto, conseguem abstrair a partir da experimentação, quando da experiência. A característica desta amostra é que, estes estudantes vão aprofundar o estudo conceitual em mecânica no decorrer do curso de Física e, portanto, devem se familiarizar com o conceito básico, logo no início do Ensino Médio. Sendo assim, as atividades tinham o objetivo de fornecer aos aprendizes, elementos, idéias, conhecimentos e conceitos físicos relevantes sobre a queda dos corpos, que possam futuramente auxiliá-los na aprendizagem de outros conceitos quando da formalização e matematização dos mesmos pelo professor.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As primeiras tentativas do homem de interpretar o fenômeno natural de queda dos corpos estão relacionadas ao modelo geostático do Universo. Como exemplo, temos a concepção de Aristóteles. Para ele, o Cosmo estava em harmonia e todos os corpos possuíam um lugar natural próprio. O fogo e o ar por serem corpos leves tinham a tendência de subir em direção ao céu, por exemplo. O lugar natural de um corpo grave (terra e ar) era o centro do universo. Uma pedra é um corpo grave e seu lugar natural é o centro do universo. Quando tiramos qualquer corpo de seu lugar natural (seja ele leve ou grave) ele tende a voltar para ele restabelecendo a ordem do Cosmo (CURADO, 1999, p. 66). Para Aristóteles a velocidade de queda de um corpo é proporcional a força motriz e inversamente proporcional a força de resistência. Assim, para dois corpos de mesmo tamanho e forma, mas com pesos diferentes a razão das velocidades é comparada com a razão das forças. Outro aspecto importante é que Aristóteles não concedia “que a velocidade de um corpo que cai partindo do repouso atinge, por estágios gradativos, seu valor final, (COHEN, 1967, p. 24)”. Na visão aristotélica, dois corpos de forma e tamanho iguais, mas um com o dobro de peso do outro, em queda percorrendo distâncias iguais, o corpo mais pesado atingirá o solo na metade do tempo que o outro.

De acordo com Mason, (1962, p. 119), Simon Stevin propôs uma experiência para refutar a opinião de Aristóteles.

Tomemos duas bolas de chumbo, uma dez vezes mais pesada do que a outra, e deixemo-las cair juntas de uma mesma altura de trinta pés sobre uma prancha ou algo que emita um som claro; notar-se-á, então, que o tempo da queda da mais leve não é dez vezes maior, mas sim, que ambas caem tão igualmente sobre a prancha, que os dois ruídos dão a sensação de ser um só.

Para Aristóteles, duas coisas influenciavam na queda dos graves<sup>1</sup>: o meio em que o objeto atravessa (ar ou água, por exemplo) e o excesso de peso ou leveza do corpo. A velocidade do corpo era proporcional à razão entre o seu peso e a densidade do meio. Então, quanto maior o peso, maior seria sua velocidade. Em contrapartida, quanto menor a densidade do meio, maior também seria a velocidade adquirida pelo corpo. No entanto, quando a densidade do meio tendesse a zero, o movimento seria instantâneo, e a velocidade tenderia ao infinito e, por sua vez, o tempo de queda tenderia a zero. Portanto, Aristóteles não concebia a existência de um meio cuja densidade fosse nula (vácuo) (NEVES, 2000, p. 61).

Galileu Galilei (1564-1642) estudou a queda dos corpos por meio de uma série de experiências e observou que o período de oscilação de um pêndulo dependia apenas do comprimento do fio, mas independia da massa da pedra amarrada ao barbante (GAMOW, 1965, p.18-19).

Se tanto os corpos pesados como os leves levam o mesmo tempo para descer, quando suspensos por fios de mesmo comprimento e desviados da vertical por um mesmo ângulo, então, tanto os corpos leves como os pesados deverão levar o mesmo tempo para cair se largados

---

<sup>1</sup> Grave – termo primitivo ao substantivo feminino gravidade. Palavra atribuída a um corpo pesado e ela não deve ser confundida com gravidade no sentido newtoniano.

simultaneamente da mesma altura [...] É fácil repetir a experiência de Galileu [...]. Basta tomarmos um pedaço de papel e uma moeda e deixá-los cair simultaneamente ao chão, a partir da uma mesma altura. A moeda cairá mais rapidamente, ao passo que o pedaço de papel irá permanecer no ar por um período de tempo muito maior. Mas, se você amassar o pedaço de papel e fizer uma bolinha com ele, então [ambos] cairão quase ao mesmo tempo (GAMOW, 1965, p. 20).

A diferença na velocidade de queda dos corpos se deve ao *meio*, pois corpos de “pesos específicos” diferentes ao serem abandonados em meios de densidades diferentes, de uma mesma altura, adquirem velocidades de queda também diferentes. “Verifica-se que corpos leves têm uma lentidão extrema num meio denso, mas que num meio pouco denso, a sua velocidade é próxima da [velocidade] dos corpos mais pesados” (LOCQUENEUX, 1989, p. 48-49). No vácuo, meio cuja densidade é nula, as velocidades de queda dos corpos são exatamente iguais:

[...] se pegarmos um cilindro comprido de vidro e, extrairmos o ar do seu interior, nós veremos então, que o pedaço de papel, mesmo sem estar amassado, a moeda e uma pena levarão exatamente o mesmo tempo para cair dentro desse cilindro (GAMOW, 1965, p. 20)

O movimento de queda livre era rápido demais para se obter a lei que rege a queda dos corpos. Galileu não dispunha de relógios e nem de cilindros de vácuo. Sendo assim, ele desenvolveu um experimento sistematizado com um plano inclinado, e constatou que, “ao contrário do que se acreditava até então, a queda dos corpos não se fazia segundo um movimento acelerado, mas segundo um *movimento uniformemente acelerado* [...]” (RIVAL, 1997, p. 17). Galileu utilizou-se do método matemático-experimental em observações mensuráveis. Em suas investigações sobre a queda dos corpos, ele tornou as condições experimentais tão perfeitas e “matemáticas” quanto possível (MASON, 1962, p. 124). A experiência do plano inclinado talvez tenha sido a primeira tentativa moderna de verificação experimental de uma teoria física. Pôde-se, então, determinar a lei de queda dos corpos (RIVAL, 1997, p. 17).

Se um móvel, partindo do repouso, cai com um movimento uniforme acelerado, os espaços percorridos em tempos quaisquer por esse mesmo móvel, estão entre si em razão dos tempos, ou seja, com os quadrados desses mesmos tempos (RIVAL, 1997, p. 17).

Segundo Curado (1999), o resgate histórico e a transposição didática destes conceitos para sala de aula, na forma de experimentação, podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, pois permitem refletir sobre a ação e agir a partir da reflexão. A autora também trabalhou com alunos do Ensino Médio, com o objetivo de valorizar o papel que a abstração desempenha na atividade científica e no processo de ensino e aprendizagem.

O experimento propicia, além de identificar as variáveis que estão sendo consideradas relevantes, chegar a conclusões que colocam em cheque muitas das respostas reveladas pela sondagem e pela discussão da classe (CURADO, 1999, p. 68).

Os estudantes possuem idéias prévias sobre muitos assuntos, seja por suas experiências cotidianas, seja pelos contatos com diversas fontes de informações, incluindo televisão, jornais, revistas, internet ou aprendizado escolar prévio e, trazem estas concepções para o ambiente escolar. O professor pode e deve explorar estas idéias para produzir um aprendizado significativo e crítico em relação aos conceitos científicos.

## **O PROCESSO DE APRENDIZAGEM SEGUNDO JEAN PIAGET**

Para a epistemologia genética de Piaget, o conhecimento não pode ser concebido como derivado da experiência ou do trabalho exclusivo da razão, mas é uma construção que depende de uma estreita relação entre *razão e experiência*.

[...] o conhecimento não poderia ser concebido como algo pré-determinado nas estruturas interna do indivíduo, pois que estas resultam de uma construção efetiva e contínua, nem nos caracteres pré-existentes do objeto, pois que, só estes são conhecidos graças à mediação necessária dessas estruturas; e estas estruturas os enriquecem e enquadram (PIAGET, 1978, p. 03).

Há algumas idéias presentes nessa concepção, que podemos elencar a seguir:

- O conhecimento é um processo de *construção*;
- Há uma íntima colaboração entre a *experiência* e a *razão*;
- O sujeito é um *vir-a-ser contínuo* e que não existe conhecimento-estado;
- A experiência é organizada pelo intelecto, segundo uma forma dinâmica;
- O conhecimento é uma construção subjetiva ou elaboração da razão, dependente dos objetos ou do meio exterior.

Esta discussão é muito importante para o *Ensino de Ciências*, por reconhecer que o conhecimento é uma construção, na medida em que respeita os estágios de desenvolvimento cognitivo do indivíduo e ainda busca métodos apropriados para possibilitar a construção de conhecimentos e, conseqüentemente, uma melhor aprendizagem.

Piaget propõe a utilização de métodos ativos para o ensino em geral e, em particular, para o Ensino de Ciências.

O método ativo no Ensino de Ciências confere à pesquisa espontânea do adolescente um papel fundamental para a construção do conhecimento, pois permite que toda a verdade adquirida seja reinventada pelo aluno ou pelo menos reconstruída e não simplesmente transmitida.

Se existir um setor no qual os métodos ativos se deverão impor no mais amplo sentido da palavra, é sem dúvida o da aquisição das técnicas de experimentação, pois uma experiência que não seja realizada pela própria pessoa, com plena liberdade de iniciativa, deixa de ser, por definição, uma experiência, transformando-se em simples adestramento, destituído de valor formador por falta da compreensão suficiente dos pormenores das etapas sucessivas (PIAGET, 1976, p. 20).

Ao se ter contato com o novo, no caso, com conteúdos científicos, há certa perturbação, implicando que este sujeito procure a construção de um entendimento, modificando o que ele encontrou anteriormente, ou seja, de que nestas interações entre indivíduo e meio se processa um mecanismo de recriação do real. Para Aguiar (2001), “o novo se constrói sempre a partir do já adquirido e o transcende”. Gil Pérez *et al.* (1999) também defendem uma participação ativa do aprendiz no ensino construtivista:

Uma orientação radialmente construtivista é uma proposta que contempla uma participação ativa dos alunos na construção dos conhecimentos e não uma simples reconstrução pessoal dos conhecimentos proporcionados e elaborados pelo professor ou [por] um texto (PÉREZ *et al.*, 1999).

O ensino não é mais centrado no professor, como professava o ensino dogmático-transmissivo. O professor exerce o papel de mediador do processo de aprendizagem, propondo e coordenando as atividades em sala de aula para que o aluno possa construir novos conhecimentos por meio da interação com o objeto de estudo.

[...] não é recepção, é antes, ação e construção (estruturação) progressivas. O sujeito passivo do empirismo é substituído pelo sujeito ativo cuja experiência pressupõe uma atividade organizadora ou estruturante, de modo que a experiência é construída e não imprimida tal e qual no espírito do sujeito (BECKER, 1997, p. 61).

## **METODOLOGIA EMPREGADA**

Como referencial metodológico para análise dos dados, utilizamos a *Análise de Conteúdo* (BARDIN, 1977). Segundo Bardin (1977, p. 42), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por meio de conhecimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo (*e.g.*, textos), indicadores (quantitativos ou não) que permitirão inferir conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dos textos – que neste trabalho provém das questões analisadas. A análise dos dados é o processo que busca a organização de transcrição dos materiais acumulados na pesquisa (*e.g.*, questionários), com o objetivo de aumentar a compreensão destes materiais e permitir sua divulgação. Nesta etapa, trabalha-se com os dados, buscando sua organização, a divisão em unidades manipuláveis, a síntese, a procura de padrões, a descoberta dos aspectos importantes, e o que deve ser divulgado. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 205).

Como já explicitamos anteriormente, este trabalho investigativo foi aplicado aos alunos ingressantes do Ensino Médio de uma Escola Pública de Marília/SP, ou seja, alunos do primeiro ano deste nível escolar. Nossa amostra consistiu de 30 estudantes (primeiro questionário) e 29 estudantes (segundo questionário). Por meio de uma metodologia diferenciada procuramos superar os problemas dos conteúdos escolares inertes, desenvolvendo atividades que privilegiam o pensamento e a ação. Izquierdo (2005) propôs que se trabalhe com o *fato*, a *idéia* e a *palavra*. Assim, por meio do contexto de aprendizagem, desenvolvemos atividades a fim de que o aluno possa adquirir os conceitos. A discussão das idéias ou concepções gera um novo contexto, que retroalimenta o ciclo.

Utilizamos atividades experimentais potencialmente perturbadoras, cuja finalidade foi provocar nos estudantes a necessidade da previsão dos fenômenos. Neste sentido, o aluno passa a refletir e trocar idéias com os colegas em sala de aula.

As atividades foram desenvolvidas com materiais do cotidiano, sendo acessíveis ao professor e ao aluno. Selecionamos 6 (seis) atividades nas quais o próprio aluno abandonou de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, dois materiais ou objetos prevendo e verificando qual deles atingiria o solo mais rapidamente:

1. Duas folhas de cadernos;
2. Uma folha de caderno amassada e outra não;
3. Uma folha de caderno e o próprio caderno;
4. Uma folha de caderno sobreposta ao caderno;
5. Duas esferas de mesmo material e de massas diferentes;
6. Duas esferas de materiais diferentes, porém com mesmo volume.

O professor solicitou a presença de voluntários para abandonar os objetos. Antes, porém, o professor coletou as previsões e explicações dos alunos por meio de um questionário (questionário inicial). Em seguida, os objetos foram abandonados e as previsões foram corroboradas ou refutadas por meio do experimento e discussões sobre os fenômenos observados. Então, o professor passou novamente o questionário para verificar as mudanças de concepções e verificar o que foi aprendido. As atividades foram desenvolvidas em duas aulas de cinquenta minutos consecutivas.

Em seguida, apresentaremos a seqüência didática que subsidiou o trabalho no ambiente escolar:

1. Este evento apesar de não apresentar dificuldades, pois as duas folhas são idênticas, serviu para despertar no aluno a explicação que os objetos possuem a mesma massa;

2. Neste ponto uma segunda possibilidade mostrará que uma folha amassada e uma folha lisa apesar de apresentarem a mesma massa, a primeira possui um menor tempo de queda. Assim, a massa não influencia na queda dos corpos, mas existe outra variável influenciando;

3. Esta atividade voltará a apresentar o conflito, uma vez que o caderno (que possui maior massa) atingirá o solo mais rapidamente;

4. Colocamos a folha sobreposta ao caderno, pois eliminando a resistência do ar, tanto a folha quanto o caderno, atingiram a mesma velocidade de queda. Alguns alunos imaginaram que o caderno iria cair mais rapidamente, se despreendendo da folha, e esta por sua vez, cairia mais lentamente;

5. Novamente trabalhamos com materiais de diferentes massas, mas neste caso como a resistência do ar interfere pouco no fenômeno estudado, as duas atingiram o solo praticamente no mesmo instante;

6. Finalmente, trabalhamos com materiais diferentes, porém com o mesmo volume. Isto contribuiu para refutar a idéia de que corpos “mais densos” atingem o solo com uma maior velocidade, uma vez que, a densidade depende do material e, neste caso, trabalhamos com densidades diferentes.

## DADOS E RESULTADOS

A *Tabela 1* apresenta os resultados obtidos nos questionários iniciais (antes) e após os alunos realizarem a atividade investigativa (experimental). As letras A, B e AB significam respectivamente: o objeto A atinge o solo mais rapidamente; o objeto B atinge o solo mais rapidamente e; ambos chegarão ao solo praticamente ao mesmo tempo.

Baseado nesta tabela, nós elaboramos um gráfico (*Gráfico 1*) que mostra claramente a diferença entre as respostas obtidas no primeiro e no segundo questionário e que serviu de base para nossa análise sobre o processo de aprendizagem.

A primeira, a segunda e a terceira questão, não apresentaram dificuldades aos estudantes. Na verdade, estas questões conduziram o aluno a resgatar um conhecimento anterior que ele possui a respeito da queda dos corpos para servir de base ao conteúdo a ser ensinado. As últimas questões (quarta, quinta e sexta) foram questões em que os alunos, num primeiro momento, não souberam responder e logo após as atividades, conseguiram responder dentro do conhecimento socialmente aceito.

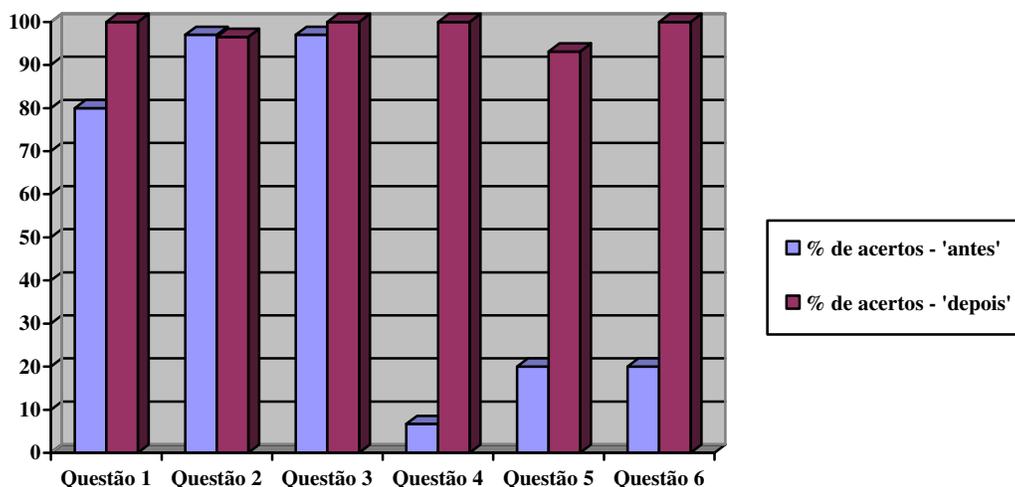
**Tabela 1** – Enquadramento dos estudantes dentro as respostas

		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
<i>Antes</i>	A	3	29*	1	1	11	4
	B	3	1	29*	27	13	20
	AB	24*	-	-	2*	6*	6*
<i>Depois</i>	A	-	28*	-	-	2	-
	B	-	-	29*	-	-	-
	AB	29*	1	-	29*	27*	29*

O caractere (\*) indica a resposta teoricamente aceita pela comunidade científica.

Assim, se considerarmos o antes e o depois, verificamos que na *Questão 1* houve um pequeno acréscimo de 24 para 29 estudantes dentro da resposta esperada. Estes números foram inalterados na *Questão 2* (folha amassada e lisa), a exemplo do que ocorreu na *Questão 3* (folha e caderno). Os dados da *Questão 4* apontam que, inicialmente, apenas 2 alunos (6,7%) acertaram a questão, na qual a folha é sobreposta ao caderno, e a maioria (27 estudantes) acreditava que o caderno, por possuir maior massa, desceria com uma velocidade maior. Após a realização do experimento, todos os estudantes acertaram esta questão. No caso das esferas é que verificamos a ocorrência do aprendizado. Na *Questão 5*, 6 estudantes (20%) acreditavam que a esfera maior iria atingir o solo mais rapidamente. Esse número se elevou para 27 (93,1%) após a realização das atividades experimentais e discussões. Isto mostrou que os alunos percebem que se a resistência do ar for desprezível, os corpos caem aproximadamente com os tempos de queda iguais. A *Questão 6* também propiciou um aprendizado: que a queda dos corpos independe da densidade do material. No início, apenas 6 estudantes (20%) acertaram a questão. No final, todos eles, 29 alunos (100%), desconsideraram que a diferença entre o material de que o objeto é composto possa influenciar no tempo de queda.

O *Gráfico 1* explicita bem estes resultados e demonstra que a ordem em que as questões foram colocadas, foram paulatinamente introduzindo novos conceitos aos alunos em uma abordagem construtivista.



**Gráfico 1** – Gráfico comparativo entre o “antes” e o “depois” das atividades

Após as atividades, o professor solicitou que os alunos respondessem o que eles realmente tinham aprendido em relação às atividades experimentais. Os alunos dissertaram sobre os conteúdos e os dados foram categorizados de acordo com alguns conceitos físicos. É importante destacar que para a categorização dos dados foram utilizadas as técnicas da *Análise de Conteúdo* (BARDIN, 1977).

**Tabela 2** – Enquadramento das Respostas Dentro das Categorias <sup>2</sup>

CATEGORIAS	PORCENTAGEM DE ALUNOS
1. Os corpos caem devido à força da gravidade	27,6%
2. A densidade do material não interfere na queda dos corpos	34,5%
3. A massa/peso não interfere na queda dos objetos	58,6%
4. A resistência do ar interfere na queda dos corpos	62,1%
5. O formato do material interfere na queda dos corpos	24,1%
5. Na Terra, os corpos estão submetidos à mesma força da gravidade	24,1%
6. Não Atingiu o Objetivo <sup>3</sup>	13,8%

Verificamos que a maioria dos estudantes que responderam aos questionários utilizou em suas explicações conhecimentos físicos relevantes sobre o conteúdo *Queda dos Corpos*. Em 27,6% das respostas, os estudantes citaram a influência que a força gravitacional exerce nos corpos próximos a superfície. Para 34,5% dos alunos, o tempo de queda do objeto não depende do material que ele é feito, ou seja, a densidade não interfere em sua velocidade. A maioria das respostas expressaram as *categorias 3 e 4*. Verificamos que 58,6% das respostas indicam que a massa não interfere na queda, e que 62,1% indicam

<sup>2</sup> A soma das porcentagens expostas na tabela passa de 100% porque há respostas que contêm mais de uma categoria.

<sup>3</sup> Nesta categoria enquadram-se respostas em que não foi possível compreender aquilo que o aluno queria dizer, ou ainda, respostas muito genéricas.

que a resistência do ar é um fator decisivo que influencia no movimento dos corpos em queda. Ainda, 24,1% dos alunos indicam que o formato do objeto é um fator que interfere na queda, e, também, 24,1% dos estudantes expressaram que os corpos estão submetidos à mesma força gravitacional. As atividades tinham basicamente o objetivo de fornecer aos aprendizes elementos, idéias, conhecimentos físicos relevantes sobre a queda dos corpos. Entendemos que ele foi atingido. Estas atividades investigativas devem possibilitar ao aluno a construção de um conceito crítico, significativo e duradouro. Pois alia a atividade experimental com a reflexiva, em uma participação ativa do aluno. Com isto, pretendemos que o aluno possa avançar de forma significativa na complexidade dos conceitos ulteriores.

Segundo Gunstone e Northfield (1994) *apud* Campanário e Moya (1999), uma forma possível de o aluno desenvolver a metacognição, segue o esquema *predizer-observar-explicar*, que ajuda o aluno a ser consciente de seus próprios processos cognitivos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proposto possui diversas vantagens em relação a um ensino tradicional baseado na memorização. Primeiramente, a facilidade de se trabalhar em sala de aula. Além dos materiais serem de fácil aquisição, a quantidade de alunos não influencia atividade proposta, pois se trata de uma atividade de fácil realização e vários alunos podem realizá-las em pouco tempo. Outro ponto que deve ser destacado é a intensa atividade cognitiva que propicia um envolvimento efetivo do aprendiz. Mas para isso, o professor deve estar atento aos questionamentos e discussões que envolvem os experimentos, os quais são importantes para que o aluno participe de forma ativa da atividade. Ativa não apenas no sentido de realizar os experimentos, mas de refletir sobre aquilo que ele está fazendo e vendo. Finalmente, um ensino conceitual que possibilita o professor trabalhar com a história da ciência e não apenas com “fórmulas” e expressões matemáticas que em um primeiro momento são pouco significativas para os alunos.

Ao trabalhar este conteúdo, visto que, o que efetivamente influencia na queda dos corpos é a resistência do ar, o professor pode trazer exemplos conhecidos do cotidiano do aluno. A construção de equipamentos como pára-quadras, asa-delta e planadores, por exemplo, foram desenvolvidos baseados neste princípio físico. Com relação a isso, é importante mencionar que durante as discussões, após o professor e os alunos discutirem sobre a influência do ar na queda de uma folha de papel aberta e como seria a sua queda no vácuo, um dos alunos comentou: “Então, no vácuo um pára-quadras não tem efeito!”. Esta fala ocorreu antes de o professor iniciar a discussão sobre aqueles equipamentos, o que é algo bastante interessante.

Algo que nos chamou a atenção foi a sugestão de um aluno quando o professor e os alunos discutiam sobre a queda do caderno e da folha aberta ao lado dele (*atividade 3*). Em meio às discussões os alunos foram concluindo sobre a influência do ar no tempo de queda da folha aberta. Então, um dos alunos sugeriu que fossem abandonados, juntos, o caderno e uma folha de papel amassada (*como na atividade 2*). O aluno ainda argumentou que, se de fato a folha aberta estivesse caindo mais devagar devido à resistência do ar, quando amassada ela deveria cair junto com o caderno. O professor pediu a ele que então realizasse o experimento, o que levou a verificação da hipótese inicial. Isto é extremamente importante e rico para o processo de aprendizagem, o aluno conseguir colocar uma nova situação experimental para verificar aquilo que acabara de concluir e argumentar sobre a

proposição feita com base no havia acabado de discutir. A partir disso, sugerimos aos professores que forem realizar tal atividade em sala de aula, que acrescente a sugestão do aluno como mais uma atividade, sendo a de *número 4*.

É importante que o professor ao conduzir as atividades e as discussões, faça perguntas que levem os alunos a refletir. E estas questões devem ser feitas de acordo com aqueles comentários, argumentos e perguntas que os alunos forem apresentando. É importante que os estudantes concluam sobre o que influencia e o que não influencia na queda dos corpos, e isso só é possível se o professor levá-los as conclusões por meio de perguntas seqüenciais. O professor também deve estar atento aos alunos que participam pouco da aula, procure fazer perguntas e convidá-los para realizar os experimentos. A experiência nos mostra que em aulas como esta, a tendência é o professor centralizar sua atenção nos alunos mais questionadores e participativos. O professor pode, ainda, sugerir como forma de trabalho ou avaliação, que o aluno levante as concepções de outras pessoas conhecidas (*e.g.*, pais, tios, colegas, dentre outros) e, traga para o ambiente escolar um relato sobre sua atividade. A partir disso, os alunos podem elaborar um método (ou uma forma) para mostrar aos seus entrevistados as opiniões que estão equivocadas e como convencê-los disso. Também devem elaborar uma forma de confirmar aquelas opiniões que estão corretas. Sem dúvida, é uma forma de estimular o raciocínio e incentivar o aluno na busca pelo conhecimento.

Também é importante destacar que, se a atividade for ministrada em turmas que iniciam o primeiro ano do Ensino Médio, antes de o conteúdo de mecânica começar a ser ministrado, o professor deve estar atento para a utilização de alguns termos físicos. Os alunos ainda não passaram pelo ensino formal de conceitos como: gravidade, força, aceleração, campo gravitacional, vácuo, resistência, peso, massa, etc. Com isso, os em geral, os alunos utilizarão de seus conhecimentos prévios para se referirem a estes conceitos, e se não for tomado o devido cuidado, as confusões conceituais podem dificultar e até mesmo impedir os alunos de concluírem corretamente sobre os fenômenos. A todo o momento o professor deve estar atento às falas dos alunos e sempre procurando entender além daquilo que o aluno fala, ou seja, não se contentar em ouvir o termo *gravidade*, mas procurar o que ele entende por gravidade. Desta forma, é possível levá-los para as conclusões corretas. Não é uma tarefa fácil, mas é possível.

A partir de nossos dados, podemos inferir que parte dos alunos adquiriu conceitos, idéias, conhecimentos físicos relevantes. Estes conhecimentos podem, ainda, auxiliar os alunos quando da aprendizagem da matematização do movimento de queda dos corpos e da aprendizagem de outros conceitos correlacionados. Os alunos realizaram atividades experimentais, pensaram e refletiram sobre elas, o que é importante para a construção do conhecimento e para aprendizagem dos conceitos.

Um desdobramento para este trabalho é a possibilidade de investigar o aprendizado destes alunos em séries posteriores, pois acreditamos que estes alunos terão mais facilidade no aprendizado deste conceito, bem como, das disciplinas científicas de uma maneira geral.

## BIBLIOGRAFIA

AGUIAR JR., O. O papel do construtivismo na pesquisa em Ensino de Ciências. In **Investigações em Ensino de Ciências**. UFMG. 2001.

BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. S.; CALDEIRA, A. M. A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências. **Pesquisas em Ensino de Ciências**, Escrituras, São Paulo: 2004.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução de Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BECKER, F. **Da ação à operação: o caminho da aprendizagem em J. Piaget e P. Freire**. Rio de Janeiro: 1997.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Tradução de Maria João Alvarez; Sara Bahia dos Santos; Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto editora, 1994.

CAMPANÁRIO, J. M.; MOYA, A. Como ensinar ciência? Principais tendências e proposta **Enseñaza de las Ciencias**, 1999, 17(2), 179-192.

CURADO, M. C. C. **Ação pedagógica em física no ensino médio**. 1999. 135f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

GAMOW, G. **Gravidade**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1965.

IZQUIERDO, M. Hacia una teoria de los contenidos escolares. **Enseñaza de las Ciencias**, 2005, 23(1).

LOCQUENEUX, R. **História da Física**. 1ª. Ed., 2ª. reimpr., v. 2, Rio de Janeiro: Globo, 1989.

MASON, S. F. História da Ciência: as principais correntes do pensamento científico. Rio de Janeiro: Globo, 1962.

PEREZ, G. et al. Puede hablarse de consenso constructivista em la educación científica? **Ensenanza de las Ciencias**, 1999, v. 17, 303-312.

NEVES, M. C. D. A singular história de um aparelho para o estudo da queda dos corpos. In: Tomazello, M. G. C. **A experimentação na aprendizagem de conceitos físicos sob a perspectiva histórico-social**. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, 2000, p. 61.

PIAGET, J. **Para onde vai a Educação?** Unesco: 1976.

PIAGET, J. **Psicologia e Epistemologia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978.

PIAGET, J. **A Epistemologia Genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

RIVAL, M. **Os grandes experimentos científicos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.