

IFUSP/P 377  
B.L.F. - USP

# publicações

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**INSTITUTO DE FÍSICA  
CAIXA POSTAL 20516  
01000 - SÃO PAULO - SP  
BRASIL**



IFUSP/P-377

"CADERNO SOBRE ENSINO DE CONCEITOS EM FÍSICA"

Amélia Império Hamburger (Orientação e Editoração)

Depto. de Física dos Materiais e Mecânica  
Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Dezembro/1982

LICENCIATURA

IFUSP 1982

Textos para discussão:

A psicologia cognitiva de Piaget e suas conseqüências pedagógicas para o Ensino de Ciências.

F.Kubli (Eur.J.Sci.Educ.1979 -Trad.K.Aurani-IFUSP-1981) pg.1

O Domínio de alguns conceitos em Física pelas Crianças.

E.A.Fleshner(Readings in Education Psychology - E.Stones (ed.)1970. trad.B.Carneiro - IFUSP - 1975). pg.23

Como saber se seus alunos podem saber certos conceitos.

Benedito Carneiro, Frederico Sergio, Terezinha Coutinho e Shozo Shiraiwa - IFUSP - 1975. pg.39

História da Física e possíveis conseqüências pedagógicas.

Valdir Ferreira - IFUSP - 1975. pg.56

Proposta para ensino dos conceitos associados a forma da terra e a idéia de peso a partir das respostas dos alunos.

Valdir Ferreira - IFUSP - 1975. pg.60

Este caderno reúne alguns artigos como exemplo de proposta de trabalho em ensino de física.

Apresenta como base um enfoque cognitivista da aprendizagem (Kubli-Piaget-Bruner) e uma proposta pedagógica condizente, através de um método de comparação com o pensamento dos alunos, do uso da epistemologia, e exemplos concretos (Fleshner, Kubli).

Os trabalhos dos alunos do curso de Instrumentação para o Ensino de Física (IFUSP-1975) ilustram essa linha, mostrando possibilidades de análise e desenvolvimento de material didático, no caso de introdução de alguns conceitos básicos da Mecânica.

Amélia Império Hamburger

IFUSP-fevereiro de 1982.

EUR. J. SCI. EDUC., 1979, vol. 1, no. 1, 5-20

tradução: Katia Aurani, revista por A.I. Hamburger

A PSICOLOGIA COGNITIVA DE PIAGET E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Fritz Kubli, Zurich State College  
of Economic Science, Switzerland

Introdução

Desde que autores como Bruner, Karplus e outros, inteiraram o mundo inglês da relevância dos experimentos e pesquisas teóricas de Piaget para um tratamento analítico do processo de aprendizagem na educação científica, tem havido muita discussão sobre as consequências e implicações do seu extenso trabalho. Entretanto, nessa discussão muitas contribuições têm reduzido a psicologia cognitiva de Piaget para um ou dois dos seus principais pontos (como, por exemplo, a distinção entre o estágio de operações concretas e o estágio de operações formais no pensamento das crianças).

Este artigo trata de algumas idéias chave da teoria de Piaget e procura explorar e esclarecer suas implicações e consequências para o ensino das ciências. É baseado num período de três anos de trabalho no Centro de Estudos em Epistemologia Genética de Genebra, durante os quais o autor pode empreender investigações empíricas sob a direção do próprio Jean Piaget. Somado a isso, o autor ensinou (e ainda ensina) Matemática e Física em Zurich. Teve contato também com o Instituto Alemão para Educação em Ciências (IPN), com o qual está em débito por muitas discussões e pela oportunidade de preparar esse artigo.

## 1. Ações como as bases e o ponto de referência do pensamento científico

### 1.1. Epistemologia e a teoria da educação

A questão sobre a natureza do pensamento científico é de interesse não só epistemológico como também no tocante aos objetivos educacionais. Respostas dadas no passado, por exemplo por Leibniz ou Kant, para a questão de como o conhecimento é adquirido, têm tido considerável influência na teoria da educação (como é refletido no trabalho de, por exemplo, Pestalozzi e outros pioneiros da educação moderna). Assim, no caso dos escritos de Piaget, é apropriado olhar tanto para sua concepção da natureza do conhecimento como para seu trabalho experimental, a fim de tirar conclusões pedagógicas. Consequentemente, iremos primeiro considerar a concepção de Piaget sobre a natureza do pensamento científico antes de discutir seus experimentos e respectiva interpretação.

### 1.2. Sensações e Pensamento Científico

Três aspectos podem ser mencionados nos quais pensamento científico difere de outras formas de pensamento: (a) proposições introduzidas numa argumentação científica devem referir à experiência real; (b) deve existir a possibilidade de um livre debate (em contraste com as limitações dogmáticas de pensamento, como exemplificado no "Dialogo fra i massimi del mondo" de Galileu); (c) a estreita conexão entre o pensamento científico e a matemática.

Com respeito ao primeiro ponto, é essencial determinar o que se entende por "experiência". Piaget enfatiza que as sensações que acompanham nossas experiências não são as bases do pensamento científico, desde que são subjetivas e como tais não podem ser comunicadas diretamente para alguém mais. As coisas que podem ser comunicadas entre as pessoas, são as estruturas entre sensações, tais como suas diferenças, equivalências, e assim por diante, isto é, estruturas que podem possivelmente ser expressas por noções, matemática ou logicamente purificadas. Essas estruturas, no entanto, não podem ser compreendidas ou comunicadas a outras pessoas sem um já existente elo para a

compreensão delas. Esse elo é visto por Piaget no medium das ações, primeiro executado na realidade, depois vindo a ser internalizado ou simbolizado.

### 1.3. Ações e objetividade

Se as bases de todo o pensamento devem ser vistas no medium das ações humanas que são reais, não para uma única pessoa mas também para seus companheiros, nós podemos entender porque o pensamento - em contraste com sensações - atinge uma realidade objetiva (objetividade no contexto significa que aquele que pensa pode verificar que sua visão da realidade é compartilhada por outros). Pois é fato que, se nos tornarmos intencionalmente atentos para as nossas ações, olharemos para elas do mesmo modo que o faríamos se elas fossem realizadas por uma outra pessoa. Além do mais, se nos é apresentada apenas uma representação simbolizada dessas ações (baseada na linguagem), não fará diferença se somos o ator ou simplesmente um espectador. Isso indica que a realidade na qual atuamos e pensamos não é realidade só para nós, mas uma realidade compartilhada por muitos indivíduos. É uma realidade que nós aprendemos a descrever em termos de sistemas de referência. Esses sistemas se originam das nossas comunicações com o meio ambiente desde a mais tenra idade e são resultado de uma interação que os filósofos poderiam qualificar de "dialética".

### 1.4. Ações e linguagem como as bases do pensamento

São, assim, as ações que Piaget considera serem as bases do pensamento; e não as sensações. Mas ele também enfatiza o fato de que o pensamento tem suas raízes fora do alcance da linguagem (verbal). Esse ponto merece uma discussão adicional, desde que a escola behaviorista, por exemplo, reduz o pensamento a uma "fala intensa", e mesmo Platão via o pensamento como um discurso da alma consigo mesma.

Quando Piaget diz que o pensamento se relaciona com ação e não simplesmente <sup>com</sup> a fala em si, ele deseja enfatizar o fato de que o uso da fala somente não pode garantir um mútuo entendimento nem conformidade com a realidade; conversas podem ser vazias, sem significado nem sentido para o ouvinte (e talvez ,

até mesmo para o locutor). O significado de novos conceitos devem, portanto, ser reconstruídos pela pessoa que fala e pela pessoa que ouve por meio de referência a conceitos já compreendidos.

Entretanto, desde que nem todo conceito pode ser definido por referência a conceitos verbais sem vir a se tornar envolvido num círculo vicioso, no mínimo alguns conceitos devem ser imediatamente significativos sem paráfrase verbal. Conseqüentemente a fala deve ser suplementada por algo mais. É natural que para essa suplementação nos refiramos a ações ou esquema de ações, que então ganham status conceitual com respeito a nossa comunicação. Não são somente conceitos físicos, tais como comprimento, tempo, energia e assim por diante, baseado em ações de medir: Piaget argumenta que formas de pensamento envolvem elementos acontecidos.

#### 1.5. Consequências para o ensino

##### 1.5.1. Ações e argumentação

O que isso tudo significa para o ensino de ciências? É imediatamente claro que nós temos de realizar atividades e demonstrações em nossas aulas e que devemos dar aos nossos alunos a oportunidade de desenvolver, eles mesmos, ações (atividades práticas) sempre que isso for tecnicamente possível. Entretanto, como provaremos adiante, tais atividades devem ser integradas à argumentação do professor para serem frutíferas. Atividades e demonstrações isoladas podem mesmo vir a ter um efeito destrutivo em nosso trabalho como professor. A menos que usemos experimentos para demonstrar um fenômeno ou ajudar-nos a definir ou ilustrar algo que tentamos expor verbalmente, o empenho no trabalho prático não será justificado. Seria uma ilusão acreditar que atividades ou demonstrações, mesmo se realizadas pelos estudantes, têm em si próprias, o poder de produzir conhecimento: elas podem apenas gerá-lo na medida em que estiverem integradas na argumentação do professor.

##### 1.5.2. Atividades e definições

Toda ciência precisa de definições claras. Mas antes de uma definição verbal vir a ser utilizável, tanto o professor que a propôs para descrever certa realidade como o estudante que

a aceitou como adequada, devem compreendê-la num nível pragmático. Uma definição verbal faz sentido somente se o estudante pode entender seu significado por referência a um fenômeno real onde ela tem lugar, ou por inventar uma linguagem com a qual ele pode descrever o fenômeno em suas próprias palavras. Uma vez que o estudante atingiu este ponto, o professor pode passar-lhe informação em termos das geralmente aceitas expressões científicas que configuram a definição em questão. Como Simplicio disse no "Diálogo" de Galileu: "Eu sei muito bem o que quero dizer mas eu não consigo expressá-lo". A que Salviati replicou: "Eu também, consigo reconhecer que você entende o que quer dizer; você somente carece de expressões certas para formulá-lo. Essas últimas podem ser ensinadas a você, já que são palavras; mas não a verdade (atrás dessas palavras, F.K.) que detem o verdadeiro significado". Contudo, se Salviati no livro de Galileu tivesse tido à sua disposição uma vasta série de materiais de demonstração, ele poderia ter visto a possibilidade de ensinar com mais otimismo, coisas outras além de meras palavras. Quando Piaget argumenta que o pensamento retorna às ações, ele quer dizer que um professor se comunica com seus estudantes não meramente pelas palavras, mas também através de suas ações. Assim é o dever do professor esclarecer o significado de suas palavras por atividades práticas na mesa de demonstrações. As atividades podem então ser vistas pelos seus estudantes como tendo significado e sentido no contexto das palavras do professor. Segue disso que o professor tem de guiar e dirigir a atenção dos estudantes cuidadosamente para capacitá-los a captar o significado das expressões verbais a partir de uma base de situações práticas. É conveniente, por exemplo, apresentar demonstrações de relações científicas relativamente fáceis, tais como a adição de velocidades de dois movimentos superpostos ou a constância (aproximada) da velocidade de uma bola que rola. O ensino de ciências no nível secundário não deve requisitar indevidamente a imaginação dos estudantes quando novos conceitos são introduzidos. Ao invés, deve-se deixar claro a posição de novos conceitos introduzidos recentemente na estrutura conceitual do estudante.

## 2. Invariantes na assimilação da realidade e passos no desenvolvimento do pensamento

### 2.1. Registro e interpretação do desenvolvimento intelectual

Os experimentos de Piaget e seus colaboradores provam que as estruturas lógicas e matemáticas, por exemplo, componentes de classes lógicas, ou relações assimétricas e transitivas, ou operações que constituem o sistema de números naturais, são o resultado de um processo de desenvolvimento intelectual que pode ser registrado empiricamente por experimentos cuidadosamente escolhidos.

Piaget enfatizou, entretanto, que esse desenvolvimento não é devido à maturação endógena, mas é o resultado de interações entre a criança e seu ambiente. Mas o que se quer dizer por ambiente? É o ambiente social ou físico? E como pode o processo de desenvolvimento intelectual, que é explicitamente distinto de maturação, ser influenciado pelo exterior?

Deve estar claro que embora a observação e o registro do desenvolvimento intelectual sem investigar sobre suas causas devam ser valiosos em si próprios, devemos nos esforçar por achar explicações (causais) em vista da importância pedagógica de tal explicação. Conseqüentemente, quando um experimento evidencia algumas diferenças de características no comportamento de crianças em diferentes níveis de desenvolvimento intelectual geral, o problema é como explicar essas diferenças e como explicar a transição de um nível de desenvolvimento para o próximo.

Infelizmente, explicando estágios de desenvolvimento cognitivo, Piaget usa termos cujos significados são bastante ambíguos; por exemplo, *coordenação*, *equilíbrio*, e *reversibilidade*. Mesmo um leitor cuidadoso poderia relacionar essas noções ao "shemata" de ações (internalizadas) porque Piaget parece atribuí-las a esse shemata. O que é insatisfatório nessa explicação é o fato de que não sabemos exatamente como influenciar ações internalizadas. Conseqüentemente, noções tais como *equilíbrio* e *reversibilidade*, quando usados em relação às atividades ou operações, carecem de significado operacional em relação ao fenômeno do desenvolvimento intelectual e assim não podem funcionar como explicações causais dele.

### 2.2. Egocentrismo e descentralização

Sob diferentes circunstâncias, Piaget oferece uma explicação do desenvolvimento intelectual em termos do que parece ser uma explicação causal. Ele declara que desenvolvimento intelectual pode ser considerado como sendo o resultado de atos de descentralização executados pelo sujeito que pensa. A noção de descentralização significa que uma criança é capaz de abstrair de suas próprias percepções sensoriais e coordenar essas percepções com a visão que um outro observador (um professor, por exemplo) tem ou possa ter delas. Piaget enfatiza que atos de descentralização não podem acontecer simplesmente entre a criança (ou um único observador) e o ambiente físico, mas que devem envolver no mínimo um observador humano adicional (real ou imaginário). O egocentrismo inicial da criança é superado e eliminado através de um arranjo de possíveis observações diferentes sobre as quais Piaget comenta o seguinte: "Desde que um arranjo de operações não pode ser tarefa de um único indivíduo por que presume a coordenação de pontos de vista (diferentes), o tipo de objetividade para qual isso leva introduz uma dimensão inter-individual, um sistema de cooperação entre vários observadores". É esta dimensão que pode nos sugerir formas de influenciar o desenvolvimento intelectual de crianças.

### 2.3. Esquema de assimilação e cooperação

Uma grande parte de nossas idéias sobre o mundo físico é dirigida para o nosso ambiente social. Como Piaget e Vigotsky (Vigotsky 1964) mostraram, muitos pensamentos são expressos por conversas: conversas externas, barulhentas no caso de uma criança jovem, ou conversa internalizada, no caso de uma criança mais velha ou um adulto. Mas como a linguagem pode ajudar um pensador a lidar com seu ambiente físico se não ajudando-o a introduzir os pontos de vista de outros observadores que, independentemente do assunto, estão olhando para a mesma realidade? A fala íntima de uma pessoa quando pensa, suplementada por atividades, executadas ou simbolizadas, às quais a fala se refere, capacita-o a adquirir uma visão mais objetiva de um determinado tópico, ajudando-o a integrar sua visão pessoal a um sistema de pontos de vista aos quais foi introduzido por ou

tros. Assim, uma pessoa tem acesso a mais que apenas suas próprias experiências individuais: ela pode usar experiência transferível da sociedade na qual vive.

O interesse nos experimentos de Piaget reside no seu achado de que uma criança não pode adotar qualquer ponto de vista oferecido a ela, mas pode pensar e atuar somente dentro dos limites do seu próprio esquema de assimilação. Podemos ilustrar isso por meio de um exemplo tomado de assunto das primeiras noções científicas. Se uma criança de seis anos observa dois objetos movendo-se com velocidades diferentes, ela pode muito bem concordar com um experimento do psicólogo e dizer que os objetos começaram o movimento ao mesmo tempo e que eles irão parar ao mesmo tempo, mas ela não irá aceitar o fato de que o intervalo de tempo durante o qual eles estavam se movendo fora o mesmo; ao invés, ela vai declarar que o objeto que cobriu a maior distância necessitou de mais tempo. É evidente a partir disso, que a noção de tempo da criança não é ainda diferenciada de sua noção de espaço, e também que sua confusão reside num nível mais profundo que puramente verbal (quem quer que acredite que treinamento verbal possa ajudar a superar as dificuldades reconhecerá logo que suas palavras não fazem sentido algum à criança!).

Para Piaget, o meio de superar essa dificuldade é a coo-peração da criança com observadores diferentes. Antes de tentarmos expor o que se entende por isso vamos prover evidência adicional para mostrar que algumas formas de pensamento se originam de trocas com o meio social.

#### 2.4. Os níveis de desenvolvimento intelectual

Quando olhamos para o trabalho experimental de Piaget de um modo geral, reconhecemos que todos os seus experimentos têm um aspecto em comum, que é a relativa facilidade de descrever o desenvolvimento intelectual das crianças pelareferência a certo esquema de assimilação usado por elas - esquema que introduz uma cadeia descontínua de níveis distintos na descrição do desenvolvimento intelectual. Essa observação muito geral merece um exame mais de perto.

Vamos tomar como um exemplo o desenvolvimento da noção de

comprimento de um bastão (isto é, o desenvolvimento da idéia da conservação de seu comprimento por translação), como o descrito por Piaget (1960). Num estado mais inferior do desenvolvimento intelectual, crianças de 4 a 6 anos pensam que dois bastões retos de 10 cm de comprimento são de idêntico comprimento se eles são postos de tal modo que suas extremidades fiquem justapostas. Se um dos bastões é deslocado de tal forma que a posição de suas extremidades é alterada de alguns centímetros, as crianças pensam que esse bastão tenha se tornado mais longo que o outro. Algumas das crianças mais velhas (6 a 7 anos) indicam que os bastões readquirem mesmo comprimento quando retornam às posições originais, mas eles não estão certos se a igualdade de comprimento também é obtida no caso dos bastões em suas posições deslocadas. (O bastão deslocado podia ter mudado seu comprimento de uma forma reversível durante o deslocamento!). Essa idéia é possível logicamente, pois é a visão envolvendo a idêntica de comprimento invariante. No próximo nível de desenvolvimento, crianças (acima de 7 anos) consideram a invariança de comprimento como evidentes por si só ou como uma condição "necessária", e Piaget explica isso argumentando que crianças nessa idade já se tornaram capazes de interpretar deslocamentos agrupando simultaneamente certas operações (mentalmente).

#### 2.5. Razões epistemológicas para os níveis de desenvolvimento

Procurando as possíveis explicações dos passos entre os três níveis de desenvolvimento mencionados, podemos ver duas delas: a primeira razão explica o degrau do 1º para o 2º nível e a segunda razão explica a transição para o 3º nível. A primeira razão aparece como sendo a incapacidade de crianças de certa idade em considerar simultaneamente os deslocamentos de ambas as extremidades dos bastões. Elas aderem à sua imediata percepção e, olhando para uma extremidade, não podem imaginar o que está acontecendo com a outra. Somente através de um sistema de referência no qual a observação de ambas as extremidades são integradas em um único sistema é possível para a criança proceder além desse passo.

O segundo passo envolve uma razão mais profunda. Em um

sentido epistemológico, a idéia de medir ambos os bastões para decidir se um bastão mudou de comprimento por ser deslocado, resulta num argumento circular porque o procedimento de medida presume que um exemplar deslocado não muda seu comprimento sen do deslocado. (Uma "circularidade" semelhante existe com respeito ao tempo: presumimos que o período de oscilação de um pêndulo não muda de uma oscilação para a próxima, mas como podemos saber isso a menos que meçamos o intervalo de tempo, usando ou tro relógio, isto é, um instrumento que é baseado no princípio que queremos provar?). Essa consideração mostra que a transição para o 3º nível no qual a criança pensa que a conservação do comprimento é uma "necessidade", não é evidente por si só. (Seria de interesse do ponto de vista científico, explorar o que realmente nos impede de pensar que um bastão mude seu comprimento por meio de um deslocamento).

#### 2.6. Princípios de invariância: sugestões ou obrigações

Uma situação muito similar existe com respeito à invariância do volume de uma bola de argila deformada (Piaget e Inhelder, cap. III). Aqui também, há um primeiro passo a ser superado já que o sujeito tem de se "libertar" de sua percepção imediata: uma bola deformada de argila pode se tornar mais longa, mas ao mesmo tempo ela se torna mais fina de que a forma original. Essas duas mudanças que envolvem a noção de conservação não podem ser captadas simultaneamente por crianças muito jovens.

O fato de que ambas as bolas de argila, deformada e não deformada, quando mergulhadas num copo d'água, causam a mesma elevação no nível de água não é evidente por si só também. Para prová-lo, precisamos meramente imaginar um líquido de alta densidade e uma bola compressível de argila. Uma bola achatada no fundo do copo será menos volumosa, já que a pressão do líquido no fundo é mais alta que a pressão exercida na parte superior do copo <sup>sobre um</sup> pedaço de argila deslocado e apumado. Similarmente, a superfície da argila podia <sup>um</sup> efeito de compressão na água em volta, e assim por diante.

Isso significa que de vemos ser mais cuidadosos em assimilar realidades aplicando certos princípios de invariância. Seria

errado pensar que uma aproximação operacional inevitavelmente leva a certas invariâncias, apesar do ponto de vista de Piaget de que "no último nível de desenvolvimento, a conservação é julgada pelas crianças como necessária e não apenas suposta". (Piaget 1960, cap. IV). Princípios de invariância podem ter se desenvolvido em função de uma demanda oriunda do progresso científico. Isso por si só é evidência de que esses princípios representam sugestões sobre como assimilar uma certa realidade, mais propriamente do que uma formulação obrigatória.

#### 2.7. Invariâncias e troca social

Esses dois exemplos devem demonstrar que os princípios de invariância e, conseqüentemente, alguns passos que devem ser superados no desenvolvimento intelectual não podem ser explicados por um "equilíbrio de ações ou esquema de assimilação" que exclua qualquer interação com o ambiente social. Enquanto a conservação do comprimento parece depender do conhecimento de uma convenção (acreditamos na homogenidade do espaço e tempo porque não há razão para acreditar no contrário), o "princípio" da conservação do volume de uma bola de argila deformada conta com a suposição de sua incompressibilidade (e da incompressibilidade da água!). Essa suposição é uma boa aproximação à realidade e pode ser verificada experimentalmente, mas não há nenhuma razão *a priori* para essa adoção.

O que induz uma criança num estágio avançado de desenvolvimento intelectual a aceitar um certo princípio de invariância como evidente se não há nenhuma compulsão física para adotá-lo? A única resposta possível parece ser que a criança adquiriu conhecimento suficiente sobre a maneira pela qual a sociedade assimila a realidade, para ser capaz de concluir que a não conservação de uma quantidade estaria em séria contradição com as regras de pensamento geralmente aceitas. O reconhecimento de invariantes caracteriza um passo importante no desenvolvimento intelectual das crianças e é resultado do aumento do "insight" da criança dessas regras - que refletem as regras muito gerais de comunicação de uma realidade, para as quais adere a sociedade e que são necessárias para transmitir informações.



## 2.8. Consequências para o ensino de ciências

Podemos, neste estágio, tirar do que foi anteriormente dito, uma conclusão prática no que diz respeito ao ensino de física. Embora a assimilação de uma certa realidade possa ocorrer de mais que uma maneira, uma importante tarefa do professor de ciências é tornar claro a seus estudantes a superioridade de um esquema de assimilação particular comparado com outro que possa também parecer possível. Essa é uma tarefa que frequentemente parece ser desprezada não só por professores, mas também por autores de livros-texto. Vamos tomar como exemplo, a noção de trabalho físico = força x distância. Muitos livros didáticos apresentam essa definição por causa de sua analogia com a noção cotidiana de trabalho. Ela surge do fato de que o produto de força por distância é conservado, por exemplo, para máquinas simples, e é por essa razão aceita como uma lei física. Mas porque seria essa definição particular do conceito de trabalho superior às outras?

O fato de que o desenvolvimento do pensamento das crianças é guiado por princípios de invariância sugere que um procedimento para ensinar deveria ser adotado, que é abstrato, mas que se ajusta rigorosamente com a procura das crianças pela invariância como meio de assimilar a realidade. Bons professores de ciências devem assim incorajar as crianças a procurar conscientemente por invariantes nos processos físicos e a dar a eles um nome. Essa orientação pode também começar com o tratamento dos primeiros tópicos em ensino de física, por exemplo com o tratamento do conceito de velocidade. Esse conceito nos possibilita assimilar uma certa classe de movimentos, chamados movimentos de velocidade constante, por ser invariante a razão entre distância e tempo. Essa razão merece então ser reconhecida por um nome. O mesmo procedimento pode ser adotado sobre movimentos uniformemente acelerados, onde a razão de mudança da velocidade é invariante, ou sobre o conceito de força como o produto de massa e aceleração. Se estudantes fossem treinados desde o início de sua educação científica desta maneira, eles seriam capazes de ver por si próprios que a entidade chamada "trabalho" pelos físicos, isto é, o produto de força pela distância, permanece constante nas máquinas simples e é portanto invariante. É essa invariância que nos indica

que o produto de força e distância merece ser observado e que deve ser denotado por um nome especial. É evidente, a partir disso, que a definição de um conceito não precede a lei que pode ser formulada por meio del; ao invés, é a lei que nos permite assimilar um certo pedaço de realidade por meio de <sup>uma</sup> certa invariância a que pode então ser dado um nome especial e que pode ser designado por uma definição verbal.

## 3. Equilíbrio de esquema de assimilação e desenvolvimento do pensamento

### 3.1. Invariâncias e esquema de assimilação do ambiente social

Retornemos à teoria de Piaget. Está além do alcance desse artigo interpretar todas as muitas discontinuidades do pensamento que Piaget e seus colaboradores descobriram no desenvolvimento do pensamento das crianças. Eu acredito que alguns dos passos mais importantes do desenvolvimento intelectual das crianças são devido ao problema que diz respeito ao próprio pensamento, ou seja, de como chegar a uma representação objetiva da realidade que valha não somente para um indivíduo, mas para uma sociedade de indivíduos.

Para alcançar isso, a criança deve adquirir "insights" não somente na linguagem, mas também no sistema de esquemas de assimilação como são usados pelos adultos. Para adquirir o conhecimento de que a neve é branca, não é suficiente ter a sensação de "branco" e ouvir alguém dizendo "branco", mas é necessário ter um "insight" da compreensão da realidade que a pessoa que está falando que a neve é branca tem. (Uma criança, provavelmente, primeiro entende que a neve tem um certo significado para a outra pessoa, e presume que a palavra ligada a esse significado faz sentido inter-subjetivamente). Assim, o desenvolvimento do esquema de assimilação de uma criança é firmemente ligado com o esquema de assimilação que prevalece no seu meio social.

Uma observação similar pode ser feita sobre a matemática elementar. De fato, o estudo de crianças de 4 a 6 anos tem revelado que muitas delas sabem que as palavras "um", "dois", e "três", têm um lugar comum e têm um significado intrínseco, antes de serem capazes de associar a essas palavras um sentido semântico e um significado baseado em ações. Da mesma forma, as crianças podem saber que as palavras "vermelho", "azul", "amarelo", relacionam-se e têm um significado distinto, antes de serem capazes de conectar essas palavras com alguma impressão sensorial de seus olhos. As palavras são frequentemente assimiladas antes de que seus significados sejam entendidos, não somente no campo da matemática, mas também no campo das noções científicas.

### 3.2. Cooperação e desenvolvimento intelectual

É necessário que a criança seja capaz de ter contato com pessoas, especialmente professores, que não somente executem as atividades, mas que também as comentem usando palavras. Talvez a criança, gradualmente, vá adotando essas ações e as associando com palavras faladas, a fim de adquirir seus significados. É também essencial que a criança aprenda a comentar suas próprias ações, de tal forma que as ações e a fala complementem-se umas as outras. A coordenação <sup>entre</sup> ações e fala pelo aluno é a que Piaget se refere como "cooperação". Assim, quando diz que o pensamento é baseado em ações e sua coordenação, isso significa que o pensamento não se reporta unicamente a ações. Em vez disso, as ações devem estar integradas num sistema de palavras e significados que faça sentido numa linguagem inter-pessoal como por exemplo a matemática. Isso mostra quão necessário é para a criança participar de um diálogo cooperativo com seu ambiente social.

### 3.3. Comunicação e equilíbrio

Mas como pode uma criança comunicar que entende o significado de, digamos, "branco"? Aqui, um princípio surge que requer interpretação, porque Piaget não expressa em termos concretos o que ele realmente quer dizer por "equilíbrio" do esquema de assimilação ou por "reversibilidade" que devem ser adqui-

ridos-noções que servem ao mesmo tempo como indicador e veículo para o desenvolvimento intelectual. O que se entende por esses termos? As considerações abaixo tencionam lançar alguma luz sobre esses significados.

Todo diálogo entre seres humanos requer ser conduzido em termos de noções consistentes com o esquema de assimilação dos participantes. Isso é possível de diferentes maneiras, dependendo de como os papéis dos parceiros num diálogo são fixados. Por exemplo, a comunicação pode ser endereçada diretamente às ações do interlocutor. A forma desse tipo de comunicação é aquela de comandos, e se espera que o receptor não pense sobre eles, mas execute as ações ordenadas. Propomos chamar essa transmissão de informação de um tipo de comunicação não equilibrada e irreversível, e o faremos por diversas razões. A principal razão é que o "insight" do receptor das ordens sobre as razões subjacentes a elas, não deve estar necessariamente no mesmo nível daquele que as emite; basta ao receptor saber o que deve ser feito. Reversibilidade ou troca de papéis, mesmo de natureza parcial, é impossível, e não é de se espantar que o conhecimento que surge desse tipo de comunicação desapareça muito rapidamente. Apesar disso, muitos cursos de ciências seguem exatamente esse modelo de comunicação. Os estudantes sabem o que tem que fazer para passar num exame, mas não adquirem nenhum conhecimento mais profundo do assunto exposto.

O diálogo deve se tornar mais reversível se a comunicação do professor é endereçada ao esquema de assimilação mais altamente desenvolvido do estudante. Todo estudante tem sua visão pessoal ou seus preconceitos sobre o tema, frequentemente tendo chegado até eles sem reflexão adequada. Mas essas visões e idéias podem ser mudadas para outras de reflexão maior através de discussão adequada. Se agora, professor e estudante, ambos podem revelar o próprio esquema de assimilação, e se o estudante pode ganhar "insight" sobre as razões para a superioridade do método de assimilação do professor, a discussão evolue de um diálogo didático algo artificial (Lehrgespräch) para o que se assemelha a uma conversa entre cientistas.

### 3.4. Ensino reversível

### 3.4. Ensino reversível

Num diálogo reversível, a distribuição dos esquemas de assimilação deveria ser tão equilibrada quanto possível. (Em um sentido ideal mas não realizável, o ato de ensinar passaria inteiramente através de estados equilibrados de comunicação, como num processo termodinâmico reversível). Para uma discussão de escola tratando com um problema em física, isso significa que o professor deveria relacionar, através de argumentação apropriada, os esquemas de assimilação próprios dos estudantes ao esquema de assimilação que ele deseja ensinar, e usar esquemas já existentes, mas com um mínimo de desequilíbrio. Quanto mais próxima for a argumentação do esquema de assimilação dos estudantes mais reversível se torna o diálogo e mais eficiente o trabalho de ensinar. O professor não deveria somente conhecer a interpretação "correta" da demonstração ou experimento, mas ele deve também estar preparado para entrar em discussão com seus alunos onde eles introduzem suas visões e interpretações. É esse aspecto que faz o ensino de ciências interessante aos alunos e, ao mesmo tempo, difícil ao professor! Quanto melhor o professor conhece sua ciência e a história das idéias subjacentes, mais capaz será de satisfazer as necessidades de seus alunos, de esclarecer as idéias deles que são frequentemente confusas, e de mostrar como essas idéias relacionam-se às idéias que caracterizam a ciência que ele está ensinando e sua história.

O ensino reversível não é possível sem períodos de exercícios que permitem aos estudantes trabalhar usando os esquemas de assimilação introduzidos pelo professor e transformá-lo em seus próprios. Dessa forma, novos esquemas que temporariamente geram desequilíbrio, tornam-se equilibrados na estrutura de pensamento do aluno.

### 3.5. Conclusões

A primeira conclusão que queremos tirar do que foi dito é bastante inesperada. Embora Piaget defenda explicitamente uma escola "ativa", isso não implica em que o estudante por si só tome a iniciativa se ele é ensinado reversivelmente; o professor deve ser tão ativo quanto o aluno. Isso também não significa que só o estudante tem o direito de introduzir seus esquemas

de assimilação; os esquemas de assimilação do professor são tão importantes quanto os do estudante. Mas isso significa, entretanto, que o professor não exporá qualquer de seus esquemas para os alunos porque a diferença entre eles e os esquemas dos alunos poderia ser demasiado grande. Uma cuidadosa escolha de esquemas é essencial para fazer um diálogo de ensino não indevidamente desequilibrado. Se a assimilação de um tópico requer um grande passo, para superar um grande passo e assimilar um tópico, passos adicionais devem ser inseridos para reduzir o desequilíbrio.

Uma segunda conclusão a ser tirada está de acordo com a reivindicação de Piaget por uma escola democrática. Diz nada menos que um dos aspectos do pensamento científico, a adesão à livre-discussão, deve entrar (ou talvez re-entrar) em nossas salas de aula.

Tem se tornado um fato aceito que discussões livres são uma condição necessária para promover "insights" científicos. Há razões éticas e não somente didáticas para enfatizar esse ponto: na nossa sociedade, a ciência é frequentemente conferida uma autoridade que não deve ser posta em dúvida, o que convenientemente faz suas proposições inquestionáveis. A educação em ciência tem se tornado o principal meio através do qual essa atitude e ponto de vista podem ser influenciados, e onde um esquema de assimilação alternativo pode ser discutido e considerado. Um sistema escolar que permite aos estudantes revelar seus esquemas de assimilação, mesmo que não desenvolvidos, a um professor que, em contrapartida, proporciona-lhes "insights" de possibilidades de assimilação desenvolvidas e conscientes, leva o aprendiz a um mais profundo conhecimento do que um sistema escolar que se fia meramente na memorização do conhecimento.

### 3.6. Ensino de ciência e epistemologia

Olhando para as inferências práticas que podem ser tiradas dos achados experimentais e teóricos de Piaget, não se pode escapar de uma conclusão: não é possível ensinar ciências de uma forma piagetiana sem um mínimo de "insights" epistemológicos <sup>que</sup> sejam transmitidos aos estudantes. O fato de que conhecimento científico está fortemente relacionado a invariantes deveria ser enfatizado e discutido, por exemplo em conexão com

exemplos simples de física: densidade, conservação da massa, e lasticidade de uma mola, trabalho, energia e momento, capacidade, resistência, energia elétrica e potencial, e assim por diante. Isso quer dizer, que um bom professor de ciências necessita de treinamento não só em sua ciência, mas também em epistemologia da ciência, geral e especializada, de modo a tornar-se capaz de ensinar de um ponto de vista humanístico tão bem quanto em termos de método científico.

O exemplo de Galileu, dado no seu *Diálogo*, lembra-nos que mesmo o fundador da metodologia científica moderna considerava necessário discutir bastante epistemologia a fim de fazer seu método compreensível a seus contemporâneos. O professor de ciências está na mesma situação: ele também tem de explicar um método ainda desconhecido de seus ouvintes. Não é de surpreender que os problemas dos ouvintes relacionam-se com questões metodológicas tanto quanto os afligem as questões científicas específicas. Galileu teve a grande vantagem de falar a uma audiência educada em pensamento filosófico, enquanto que a audiência do professor tem pouco mais que apenas um conhecimento intuitivo e preliminar do pensamento científico e epistemológico. Desenvolver em seus estudantes uma consciência atenta para ambas as áreas do pensamento, é uma das mais desafiantes tarefas do professor.

#### 4. Estágios de desenvolvimento e ensino de ciências

##### 4.1. Pensamento concreto e pensamento formal

A diferença entre uma operação concreta e um enfoque operacional formal com respeito a um tema científico tem se tornado familiar a muitos professores de ciências nos últimos anos. Ela surgiu da caracterização de Piaget dos estágios de desenvolvimento intelectual das crianças. Piaget (1950a) define o estágio de pensamento operacional concreto (9 - 11 anos) por sua relação com um grupo de operações, como já havíamos visto

em conexão com o princípio de conservação. Ele argumenta que onde um tal grupo existe, a conservação de um todo tem lugar no pensamento não somente com um postulado de resultante de indução possível, mas como uma verdadeira necessidade. (Nós já discutimos que a última hipótese é questionável). Operações formais desenvolvidas por adolescentes de mais de 11-12 anos estão por definição separadas da realidade concreta. Piaget argumenta que operações formais são uma necessidade real desde que estiverem de acordo com a experiência, mesmo sem controle empírico imediato; ele também as define como operações sobre proposições.

Uma definição alternativa estabelece que os pensadores formais compreendem de raciocínios hipotéticos-dedutivos. Isso se justifica embora muitas crianças de 12 anos ou mais tenham dificuldade em entender, sem explicações, o raciocínio usado nas demonstrações matemáticas. Todavia, não é demasiado difícil para elas entender porque é de interesse provar que todos os triângulos tem certas propriedades em comum.

Quais são as implicações disso para o ensino de ciências? A discussão acima, do pensamento em relação a problemas de conservação, sugere que seria errado assumir que um assim chamado pensador concreto não possa raciocinar em uma maneira hipotético-dedutiva. Como o próprio Piaget enfatiza (Piaget 1950b vol. II), toda indução experimental presume modelos dedutivos de pensamento, e não há razão para que uma indução de criança sobre conservação de peso deva ser diferente do pensamento indutivo de um físico. Crianças que pensam corretamente raciocinam de uma maneira muito abstrata, mas carecem de experiência em física e da habilidade de discutir com uma pessoa informada por exemplo um professor, para tornarem-se auto-confiantes em suas conclusões.

##### 4.2. Indução e dedução em pensamento científico

A forma pela qual ensinamos nos dá uma indicação a mais de que não devemos superestimar a diferença entre pensamento formal e operacional. Quase todo conceito científico tem suas componentes indutivas e dedutivas, já que estão relacionados ao mesmo tempo a experimentos e a outros conceitos científicos. Assim, podemos estabelecer empiricamente, isto é, por raciocínio indutivo, que para movimento uniformemente acelerado o quo-

cientista  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  é invariante, ou podemos começar com a descrição de um movimento com aceleração constante e verificar que esse tipo de movimento existe na natureza em muito boa aproximação. Em ambos os casos temos de deduzir e verificar experimentalmente; a única diferença está em que no primeiro caso começamos pelo específico e verificamos o geral, enquanto que no segundo caso começamos com o geral e verificamos o específico. Ambos os casos nos envolvem em discussão e experimentação, e em cada caso temos de colocar no lugar da afirmação qualitativa "mais e mais rápido", uma relação quantitativa entre velocidade e tempo.

Quanto mais situações científicas tenham sido dominadas, tanto mais capazes estaremos para descontar e excluir "a priori" as soluções de um novo problema que estão em contradição com princípios científicos gerais, por exemplo, o princípio de conservação de energia. Essas ocasiões são bem vindas para reforçar conhecimento já implicitamente adquirido, e nenhum bom professor as deixará escapar. O bom professor procede progressivamente em direção a uma consolidação dedutiva do conhecimento científico originalmente adquirido através da indução.

#### 4.3. Demonstração escolares e desenvolvimento intelectual

Antes de concluir essa discussão, devemos nos perguntar que benefícios podem advir do trabalho de Piaget sobre o desenvolvimento intelectual para o ensino de ciências. Os experimentos de Piaget têm uma desvantagem básica. É que não nos informam sobre como as crianças reagem às demonstrações quantitativas feitas pelo professor. A conservação do peso, por exemplo, é entendida em uma determinada idade (9-10 anos) quando as crianças provavelmente já tenham sido ensinadas na escola sobre a aditividade das massas e sobre a comparação de massa pela medida de seus pesos. Mas até que ponto esse conhecimento influencia o comportamento das crianças quando são questionadas sobre conservação de peso? Para um adulto, certamente existe uma ligação forte entre a medida e a conclusão sobre a conservação do peso; mas e para a criança? Como uma criança não instruída muda seu comportamento como resultado do ensino? Somente alguns experimentos tem sido feitos até agora que se relacionam

mais com a realidade do ensino escolar do que os trabalhos de Piaget. Embora saibamos por Piaget que nossas demonstrações em lições escolares são assimiladas pela criança a seu modo, não sabemos quase nada sobre como elas o fazem em detalhe. Aqui, investigações importantes são necessárias.

#### 4.4. Aplicações simplificadas do ensino de ciências aos experimentos de Piaget.

Finalmente, uma advertência deve ser feita sobre a simplificação exagerada da aplicação dos dados de Piaget no ensino de ciências, sem uma interpretação mais elaborada deles. Não há necessidade, "a priori", para seguir no ensino de ciência escolar, os níveis de pensamento preconizados por Piaget. Por exemplo, a noção de tempo pode ser introduzida diretamente, sem defini-la como a razão  $t = \frac{s}{v}$ , forma que crianças muito novas parecem fazer de acordo com as menções de Piaget. Quando as crianças sabem o que "tempo" significa (e elas o sabem geralmente quando começamos a ensinar-lhes ciências), é preferível usar a noção de tempo delas para definir o conceito de velocidade constante e, mais tarde, o de uma velocidade uniformemente aumentada, em vez de basear-se no conceito intuitivo de velocidade em termos do qual as crianças definem sua primeira noção de tempo. Similarmente, seria útil discutir conservação de volume de um ponto de vista físico ao invés de se referir ao argumento de "reversibilidade", que parece ser importante no processo de pensamento registrado por Piaget (reversibilidade é tomada nesse contexto de um modo mais específico de quando usada para definir ensino reversível; aqui significa que a transformação pode ser cancelada por uma transformação inversa).

A psicologia cognitiva de Piaget, portanto, não pode ser simplesmente reduzida a poucos resultados de sua investigação psicológica, e ser introduzida no ensino de ciências sem mais considerações e sem aprofundar a epistemologia subjacentes. Sua epistemologia não é fácil de entender; nem pode ser facilmente reduzida a seus principais aspectos como tentamos fazer. Talvez requeira certos refinamentos e esclarecimentos outros. A teoria de Piaget e seus experimentos não explicam tudo em relação ao desenvolvimento intelectual das

crianças. Mas representam um ponto de partida importante de investigação que podem em última análise lançar uma luz nova e importante sobre nossas atividades escolares.

#### REFERÊNCIAS

- Bruner, J.S. 1960, *The Process of Education* (Cambridge, Mass.)  
 Bruner, J.S. 1966, *Toward a Theory of Instruction* (Camb., Mass.)  
 Collea, F.P. and Karplus, R. et al. 1975, *Workshop on Physics Teaching and the Development of Reasoning* (American Association of Physics Teachers: Stony Brook, N.Y.)  
 Kubli, F. 1974, introdução em: *Abriss der genetischen Epistemologie* by Jean Piaget (Olten)  
 Kubli, F. 1975 in the *Curriculum-Handbuch* (München)  
 Piaget, J. and Inhelder, B. 1941, *Le développement des quantités physiques chez l'enfant* (Neuchâtel)  
 Piaget, J. 1950a, *The Psychology of Intelligence* (New York)  
 Piaget, J. 1950b, *Introduction à l'epistémologie gènétique* vol. I vol. II vol. III (Paris)  
 Piaget, J. 1952, *The Child's Conception of Number* (New York)  
 Piaget, J. Inhelder, B. and Szeminska, A. 1960, *The Child's Conception of Geometry* (New York)  
 Vigotsky, L.S. 1962, *Thought and Language* (Cambridge, Mass.)

Agradecemos a Sônia pela datilografia.

**O DOMÍNIO DE ALGUNS CONCEITOS EM FÍSICA PELAS CRIANÇAS**  
 E.A. FLESHNER

E.A. Fleshner

Um dos problemas envolvidos em aprendizagem e ensino é a maneira como o aprendizado anterior interfere com o aprendizado presente. Este problema existe tanto no campo dos conceitos quanto no campo de habilidades motoras e no campo afetivo. No aprendizado de conceitos científicos acontece algumas vezes que nossas noções diárias sobre os fenômenos estão em desacordo com o ponto de vista científico. Desde que as crianças familiarizam-se primeiramente com as idéias não científicas, estas idéias tendem a interferir com o aprendizado de conceitos científicos no mesmo campo. Quando os conceitos estão em um campo inteiramente novo o problema não surge.

Neste trabalho Fleshner relata investigações no aprendizado de conceitos de física por crianças entre 11 e 13 anos. Ele encontrou que um conceito pré-científico de peso interferiu demais com o aprendizado de algumas crianças, impedindo-as de adquirir o conceito científico. Numa tentativa de resolver este problema, Fleshner usou a técnica de "contraposição" que recebe bastante atenção da pedagogia soviética. Esta técnica consiste em juntar os dois pontos de vista e deliberadamente assinalar os pontos de conflito e de similaridade. O uso de Fleshner da técnica, ao lado das suas descobertas, são indicadores interessantes para métodos de trabalho com o problema de formar conceitos científicos.

E. Stones

A importância da experiência prévia, principalmente a experiência diária, na formação de conceitos científicos é particularmente grande no aprendizado daqueles assuntos que envolvem muitas noções de uso diário. Quando

(1) Tradução de Benedito Carneiro - Revisto por Diomar Bittencourt. Readings in Educational Psychology - E. Stones - Methuen & Co Ltd. pgs. 248-262 (artigo reimpresso e abreviado de E.A. Fleshner - "O domínio de alguns conceitos em física por crianças" em "Educational Psychology in USSR", B. e J. Simon, - Routledge and Kegan Paul, 1963, pg.202-212).

começam o estudo de física, as crianças em idade escolar já possuem um completo sistema de conhecimentos formados na sua vida diária. Entre estes estão os conceitos de "volume" e "peso", que são estudados no curso de física na seção "Medidas Simples".

O conhecimento e habilidades ligados ao conceito "volume" são enriquecidos e aprofundados nas lições de física - o sistema de associações conectado com este conceito estende-se. O novo conhecimento não é colocado em confronto com o antigo, pois não encontra "resistência". Contudo, é de outro modo com o conceito de "peso" (2). Uma entrevista preliminar com crianças que tinham completado a classe V (11 a 12 anos) tornou claro que o conteúdo deste conceito formado na experiência diária não coincide com o conteúdo do conceito físico de "peso".

Em essência, o conceito físico de peso é a força com o qual o corpo é atraído para o chão. Em consequência, há uma série de elementos que são importantes para a formação do conceito correto de "peso". Nós podemos enumerar aqueles que devem ser dominados pelas crianças da classe VI (12 a 13 anos) que estudam "o peso dos corpos".

Primeiro, deve ser entendido que peso é uma propriedade de todos os corpos. Na entrevista, nós descobrimos que os alunos descreveram peso como uma propriedade somente daqueles corpos que eles haviam pesado nas balanças. A questão que surgiu foi se eles sabiam que o peso é inerente a todos os corpos. Perguntamos então a eles: "Todos os corpos têm peso?". Para aqueles que responderam negativamente foi perguntado como, do seu ponto de vista, a um corpo poderia faltar peso e como eles explicavam isso.

O segundo elemento essencial na formação de um conceito científico correto é o conhecimento da conexão em

(2) Com o objetivo de conseguir um quadro geral do entendimento dos termos "peso" e "volume" pelos alunos antes que os estudassem em física realizamos uma entrevista preliminar com 39 alunos da classe V ao fim do ano da Escola 379 de Moscou. Uma entrevista análoga foi levada a efeito com alunos na classe VI depois que elas tinham estudado o tema - "Densidade".

tre a atração da Terra e a queda livre de um corpo. Nós então perguntamos as crianças : "Por que todos os corpos caem ?" - e consolidamos suas respostas com uma segunda questão : "Tem ligação com o seu peso " ?.

O terceiro elemento, de importância essencial, é o conceito de força que é estudado mais tarde. Portanto, perguntamos às crianças : "O que é força ? O que há em comum entre peso e força ?".

Finalmente, tendo notado na entrevista preliminar uma discrepância no entendimento das palavras "peso" e "gravidade", perguntamos as crianças uma questão sobre gravidade e explicamos a inter-relação entre os significados das palavras "peso" e "gravidade" (3).

Essa discrepância pode ser observada em uma das entrevistas preliminares como no caso de Zhenia A., uma aluna da classe VI, nº escolar 650.

Exp. : O que é peso ? Diga-me tudo o que você sabe sobre isso.

Suj. : Peso é, como direi? É quanto um corpo pesa se é colocado na balança. Nós o colocamos na balança e o pesamos, quanto ele pesa ...

Exp. : O que mais você pode dizer ?

Suj. : Que todos os corpos tem pesos diferentes. Alguns tem um grande peso, eles são pesados, por exemplo a aquela casa (aponta uma grande construção na esquina e ri) ela nem pode ser pesada.

Exp. : Você disse que peso é quanto um corpo pesa, mas então você disse que aquela casa jamais poderia ser pesada. Você pensa que a casa tem um peso ou não ?

Suj. : Se ela não pode ser pesada, então como ela

---

(3) É claro que isto não esgota a categoria física "peso". Contudo, alunos da classe VI não podem dominá-la completamente uma vez que eles ainda não conhecem a lei universal da gravidade, nem entendem o conceito de força como grau de variação de movimento, etc. Por esta razão, nós nos concentramos principalmente naqueles aspectos do conceito "peso" nos quais o entendimento das crianças, como foi mostrado pelas conversas com alunos da classe V, difere de um entendimento científico.

pode ter um peso ?

Exp. : É pesada, mas nós não podemos pesá-la ?

Suj. : Nós sabemos que ela é mais pesada que, por exemplo (procura em volta por um objeto para comparar; olha para uma máquina para limpar neve na rua). Ela é mais pesada que dez daquelas máquinas.

Exp. : Você disse que todos os corpos tem peso. Como você entende isso ?

Suj. : Eles tem peso, mas isto é alguma outra coisa.

Exp. : Explique como todos os corpos tem peso.

Suj. : Eles tem algum tipo de peso... como eu posso dizer (mostra esforço). Bem eles pesam ... eles tem gravidade. Todas as coisas tem gravidade.

Exp. : O que é gravidade ?

Suj. : Gravidade é o que nós sentimos quando seguramos um corpo em nossas mãos. Está em todos os corpos. Mesmo um balão tem gravidade, mas não muita. O ar nele não pesa nada, mas a borracha pesa. Tudo tem sua própria gravidade.

Suj. : Gravidade está em todos os corpos. Nós sabemos que há gravidade neles. Mas peso é quando nós sabemos exatamente quanto eles pesam. Nós conseguimos saber o peso quando nós pesamos os corpos.

Exp. : Bom. Agora me diga alguma coisa mais. Você sabe o que é força ?

Suj. : Força é o que é necessário, por exemplo, para mover para o lado aquele armário. Força é necessário para isso.

Exp. : O peso tem alguma coisa em comum com força ?

Suj. : (depois de uma pausa) : Sim.

Por exemplo, para pesar um corpo nós temos que pegá-lo e colocá-lo no prato da balança. Força é necessária para isso.

Exp. : Você pode dar um outro exemplo ?

Suj. : Eu não posso pensar em mais nenhum.

Exp. : Diga-me, você pensou em alguma razão porque um corpo cai ?

Suj. : (muito surpresa) : Eles têm gravidade e não podem ficar no ar, eles caem.

Exp. : Onde eles caem ?

Suj. : Eles caem para o chão. Todas as coisas sempre caem. Se jogarmos uma bola para cima, por exemplo, en



tão, depois ela cai para o chão e rola. Se há algum buraco, ela rola para dentro do buraco.

Esta conversação é bastante característica para os alunos da classe VI que nós examinamos. A maioria deu uma definição de peso deste tipo: "Peso é quanto um corpo pesa". O conceito de peso foi ligado ao ato de pesar por 40% das crianças. ("Peso é quanto um corpo pesa. Ele deve ser pesado e então nós temos o peso"). Outras 30% ligaram o conceito de "peso" não com a ação de medida, mas com o resultado. Para elas peso é o número que se torna conhecido através da pesagem. ("Peso é quanto um corpo pesa, - quantos kg ou quantas toneladas). Finalmente, e isto é muito importante, 80% dos sujeitos estavam convencidos de que os corpos que eles não tinham pesado, não tinham peso.

Estes elementos mantêm a proposição de que antes de estudar "peso" em física, as crianças atribuem peso somente aqueles corpos que elas tenham medido, e, para elas, o resultado numérico da ação de pesar.

É interessante notar que, tendo negado que os corpos têm peso se é impossível pesá-los, as crianças responderam uma questão mais abstrata - todos os corpos têm peso? - positivamente, mas preferiram usar neste caso a palavra "gravidade" (como Zhenia A.). Das expressões usadas pelos sujeitos está claro que peso e gravidade, para as crianças que não dominavam física, são conceitos sinônimos. Há também uma base para pensar que o conteúdo do conceito diário de "gravidade" é mais próximo em significado do conteúdo físico deste conceito do que o conteúdo do conceito diário de "peso".

Para a questão se peso tem algo em comum com força, muitas crianças deram resposta positiva, ilustrando-a com os seguintes exemplos: "Quando um corpo é muito pesado, você deve usar muita força para levantá-lo até o prato da balança e pesá-lo" (Boris Y.). "Quanto mais um homem pesa mais força ele tem" (Valia S.). Em nenhuma dessas duas expressões (nem em outras análogas) encontramos algo que corresponda ao significado físico e ao entendimento da conexão entre os dois conceitos. A compreensão de "peso" como "força" não ocorre em escolares com o presente

ensino da física. Ele deve ser introduzido aos alunos e reforçado em lições.

Contudo, o conceito "força", assim como de "peso", é familiar às crianças bem antes de estudá-los no curso de física. Consequentemente, o conceito de força tem um conteúdo específico, formado na vida diária.

As respostas dos alunos para as questões que visavam esclarecer o sentido comum de "força", mostraram que suas idéias de força (antes de estudá-la) eram ligadas principalmente a esforço muscular; força aparece quando usamos nossos músculos, força é necessária quando é preciso (mover, carregar, etc.) alguma coisa.

Estas são as definições de força mais características que ouvimos. Destas expressões concluímos que as crianças estreitaram o conteúdo deste conceito, limitando-o apenas ao esforço muscular, principalmente as ações dos homens ou animais em algum outro corpo. Deve ser notado que com tal compreensão de "força", era difícil para uma criança explicar a queda livre de um corpo atraído para o chão, desde que a Terra, de acordo com a idéia da criança, não pode ser a origem da força. Elas explicaram a direção do movimento do corpo em queda livre, não como movimento ao centro da terra, mas como movimento para baixo. "Todas as coisas pesadas caem. Quando há água e óleo em um copo a água fica embaixo. Quando um corpo está no ar ele cai e o ar sobe" - argumentou uma das crianças. Era óbvio das expressões usadas pelas crianças, que o corpo em queda livre está dirigido para o centro da Terra não porque é atraído mas porque essa direção coincide com a direção descendente. Se não fora a Terra, que é uma barreira no caminho, o corpo, do ponto de vista das crianças, iria cair mais longe. A frase seguinte serve como exemplo: "Os corpos caem para baixo, para a Terra, então eles param porque este é o lugar mais baixo".

Portanto, o conteúdo científico do conceito "peso" não corresponde ao conhecimento de peso formado na vida pessoal das crianças. É necessário reorganizar este conhecimento. Deveria ser notado que isto não é levado em consideração na metodologia da pedagogia soviética e em livros textos. Ao contrário, são dados conselhos para que o estudo do conceito "peso" seja dado como um fato tirado da experiência e que depende, desta forma, das sen

sações das crianças de levantar e suportar corpos, da observação da queda livre de um corpo, etc. Este ponto de vista é claramente expressado na opinião metodológica de E.N.Coriachkin, que recomenda em seu livro "Métodos de ensinar física na escola de sete anos" (1948) : "Não necessita ser dada a definição de peso no estudo desse tema; podemos utilizar as idéias que as crianças têm da sua própria vida prática".

Seguindo este conselho, os professores das duas escolas pesquisadas não ampliavam o significado físico do termo "peso" além do conhecimento que as crianças já tinham sobre ele. Não foram dados passos para assegurar que as crianças conheçam a diferença entre o entendimento de força que tinham desenvolvido em sua experiência pessoal e o significado físico deste termo. Além do que, o termo "força" não foi repetidamente usado em lições do tema "peso dos corpos" e era mesmo conceituado na seguinte forma : "A força com a qual o corpo é atraído para a Terra é chamado de peso do corpo".

Como encontramos na pesquisa inicial, as crianças tinham dificuldade em dominar o novo conteúdo do conceito "peso". Elas distorciam a definição em lições e cometiam erros ao fazer os trabalhos escolares. Apesar do fato de que problemas nos quais "peso" é uma quantidade desconhecida foram corretamente resolvidos mais vezes que aqueles para determinar densidade e volume, as crianças (como o trabalho de classe mostrou) fizeram mais erros em problemas sobre peso.

Quando tinham passado 8-10 semanas depois do estudo do tema na Classe VI, conduzimos experimentos individuais. O objetivo era estudar as características específicas da aplicação do conceito formado através da organização da interação entre o conhecimento recente dominado e aquele adquirido anteriormente. Cada uma das vinte crianças investigadas executou três tarefas. Duas destas eram análogas aquelas dadas durante as lições; eram problemas do livro texto em que se devia determinar o peso de um corpo conhecidos seu volume e densidade. A terceira tarefa envolvia a determinação do peso de um tampão de vidro de forma irregular sem a utilização de uma balança. As crianças tinham à sua disposição bequers (copos grandes graduados) e tabelas de densidade. Elas podiam medir

o volume do corpo dado, encontrar na tabela a densidade do vidro e, com base nesses dados, encontrar o peso do objeto, utilizando o mesmo conhecimento necessário para a solução dos problemas do livro texto.

Os experimentos mostraram que num considerável número de crianças a habilidade de aplicar o conhecimento sobre peso para a solução de problemas tinha diminuído. Apenas 13 crianças (65%) resolveram os primeiros dois problemas corretamente, sendo que no trabalho de classe normal os exercícios tinham sido corretamente feitos por 17 das 20 crianças. Para o terceiro problema, os resultados foram ainda piores, pois 10 crianças (50%) não foram bem sucedidas. Estas crianças tentaram arduamente, embora sem sucesso, pesar o corpo, quando tinham a possibilidade de determinar o seu peso através da densidade.

Postulando que o diminuto sucesso em resolver problemas está ligado com as mudanças no conhecimento das crianças sobre "peso", mantivemos uma conversa com cada uma com o objetivo de descobrir que conteúdo este conceito tinha para eles no momento da experiência. Uma análise do material coletado permitiu a divisão das crianças em quatro grupos.

Grupo I (cinco das mais hábeis crianças). Para estas o termo "peso" estava ligado somente com o novo significado físico. Elas apresentaram o novo conceito sem nada do conteúdo diário do conceito (por ex., peso é força, todos os corpos têm peso, etc.). Elas também entenderam corretamente o fenômeno de queda de um corpo e explicaram-no com suas próprias palavras. A comparação das expressões usadas nessas explicações com as respostas dadas durante as entrevistas preliminares mostraram que o velho conteúdo do conceito "peso" tinha sido completamente reorganizado nestas crianças.

Grupo II (quatro crianças muito deficientes). Foi característico dessas crianças que as expressões que elas usavam sobre peso coincidiam quase exatamente com aquelas usadas quando o conceito foi ensinado. Pode ser feita uma comparação entre as respostas dadas a questão - o que é peso de um corpo ? - por uma daquelas crianças nas duas entrevistas (Anatoli G. - criança fraca no domínio de física).

### Entrevista Preliminar

Peso é quando nós pesamos alguma coisa e escolhemos os contrapesos, a fim de conseguir acertar o nível da escala (mostra com suas mãos a posição de equilíbrio dos pratos da balança). Quando nós encontramos o peso então nós sabemos quanto o objeto pesa.

### Entrevista Seguinte

Nós pegamos alguma coisa e pesamos nos pratos da balança. Nós escolhemos o peso tal que ela fica equilibrada.

As unidades de peso são gramas, quilogramas, toneladas. Quantas gramas, quilogramas ou toneladas um corpo pesa, este é o seu peso.

Este é um exemplo do que pode ser encontrado nas crianças atrasadas do grupo. Peso, antes que tenha que ter sido estudado, é descrito pelas crianças como o resultado de medidas e, conseqüentemente, como uma propriedade pertencente apenas aqueles corpos que são pesados. Como antes, as crianças do grupo VI não viam conexão entre o fenômeno da queda livre dos corpos e a atração da Terra, desde que elas preferiam considerar que os corpos caem como uma conseqüência de uma propriedade da natureza, a gravidade. O conteúdo pré-científico do conceito de peso estava completamente estabilizado.

Grupo III (oito crianças principalmente médias). Estas crianças tinham dominado o conteúdo físico do conceito "peso" mas podia quase sempre ser observado na definição de peso a mistura com elementos da velha idéia "pré-científica". A resposta de Kolia A. é característica dessa fusão.

Peso é a força com a qual um corpo é puxado para a Terra, pressionando os pratos da balança. É preciso colocar pesos no outro prato para saber o peso do corpo. Quando seguramos qualquer corpo na mão, então sentimos que pressiona a mão porque ele é pesado.

cil encontrar uma união análoga do novo, e velho conhecimento. Elementos do velho e do novo, como no caso de Kolia, estavam presentes simultaneamente e independentemente do outro. Como conseqüência, o conteúdo do conceito "peso" apresentava um conglomerado de proposições, das quais algumas eram contraditórias. Assim, por exemplo, uma das crianças, depois de dizer corretamente que um corpo cai porque a Terra o atrai, acrescentou: "Corpos caem porque todas as coisas pesadas caem; elas são paradas pela Terra porque elas não podem atravessá-la".

Desta forma, o conhecimento sobre peso adquirido pelas crianças do grupo III nas lições de física mostraram mudanças significativas expressadas na combinação de dois sistemas diferentes de conhecimento, o velho e o novo. Como uma conseqüência dessa combinação, o conhecimento recente dominado era em parte tirado daquele adquirido antes. Uma característica deste grupo era a presença dos dois sistemas, o que levava à fusão dos dois conteúdos do conceito "peso" - o diário e o físico.

Grupo IV (três alunos, um hábil e dois médios). Com alunos deste grupo foi observada uma outra variedade de união dos dois sistemas de conhecimento; o novo conhecimento é em parte inibido pelo antigo, mas o processo ocorre de outro modo - não há, como no caso dos alunos do grupo III, um entrelaçamento dos elementos de ambos os sistemas. As crianças pertencentes a este grupo não distorcem o conceito específico aprendido nas lições mas, ao dar este conteúdo, evocam velhas proposições sobre peso. Entretanto, há uma diferença essencial entre os dois grupos; os alunos do grupo IV, ao afirmar alguma proposição incorreta, param de falar e recusaram-se a dar uma resposta adicional. Como exemplo, podemos reproduzir a entrevista com um dos sujeitos do grupo (Tamara, aluna hábil).

Exp. : O que é o peso de um corpo ?

Suj. : Peso de um corpo é a força com o qual a Terra o puxa ... eu não sei mais nada.

Exp. : Diga-me com suas próprias palavras tudo que você sabe sobre peso.

Suj. : Nós sabemos que todo corpo tem um peso definido. Nós vemos isso quando nós o colocamos nos pratos da balança. Quando nós colocamos um corpo no prato ele faz

pressão para baixo, nós colocamos pesos no outro...

Exp. : Continue, por que você parou ?

Suj. : Eu penso que estou errada. Faz tempo que nós aprendemos e eu esqueci.

Exp. : Diga-me o que mais você se lembra...

Suj. : Eu só me lembro que quando fazemos problemas nós temos que multiplicar densidade por volume e então obtemos o peso. Eu lembro também que era mostrado para nós que todo corpo tem gravidade e esta gravidade puxa-o para baixo...

Exp. : Por que você parou ?

Suj. : Não, está errado, não é isso que quero dizer.

Vemos que em Tamara, em contraste com alunos do grupo III, os conhecimentos velho e novo não são utilizados independentemente um do outro. Durante a conversa, a aluna duas vezes voltou ao conhecimento diário sobre peso (estas sentenças estão grifadas) e então parou e finalmente recusou-se a responder. Os dois outros alunos deste grupo comportaram-se de modo similar ("Eu não me lembro e eu não quero dizer tolices", e "Eu esqueci sobre o que nós aprendemos. Por que explicar errado?"). Obviamente nos alunos do grupo IV houve uma confrontação entre os dois sistemas de conhecimento e algumas das suas diferenças. O velho conhecimento era proibido como não correspondendo à realidade, mas o conhecimento recente dominado não foi completamente consolidado e nem sempre reproduzido.

Desta forma, os dados das entrevistas mostraram que em uma proporção significativa de alunos (11 sujeitos - 55%) houve com o passar do tempo, mudanças essenciais no conhecimento de "peso" adquirido nas lições. Essas mudanças aconteceram em todos os alunos médios e num aluno hábil e resultou na suplantação do conhecimento recentemente adquirido pelo velho conhecimento.

Os resultados de nossa investigação coincidiram com o fato estabelecido por muitas pesquisas psicológicas de que com o passar do tempo, o conhecimento recentemente adquirido é suplantado pelo velho conhecimento. Em particular, este fato tem sido estudado em trabalhos que tratam de mudanças na imaginação.

O fato de que coincidiram completamente as caracte

rísticas da interação entre os conhecimentos velho e novo, como foi mostrado na pesquisa em diferentes sujeitos em diferentes estágios de aprendizado, demonstraram que temos que tratar com uma regularidade geral. Sua base científica é encontrada na proposição: "O velho não desaparece, o novo é somente depositado sobre ele", colocada por Pavlov na sua teoria sobre o estereotipo dinâmico.

Uma questão que merece particular atenção é como o conhecimento de "peso" é aplicado na solução de problemas por alunos de diferentes grupos. O número das soluções corretas em cada grupo que tomou parte no trabalho em classe e no experimento que durou 8-9 semanas está ilustrado na tabela seguinte:

Grupos	nº de alunos no grupo	Soluções corretas no trabalho de classe		Soluções corretas no trabalho experimental			
				2 probl. do livro-texto		1 probl. prático	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
I	5	5	100	10	100	5	100
IV	3	3	100	5	63.3	2	66.6
III	8	6	77.7	10	62.5	3	37.5
II	4	1	25	2	25	0	0

Como pode ser visto na tabela, o sucesso dos alunos do grupo I na aplicação de conhecimentos recentemente adquiridos não diminuiu. Através de conversas com os alunos, nós nos convencemos que o velho conhecimento estava completamente inibido e o recentemente adquirido completamente presente sendo efetivamente aplicado para a solução de problemas.

Quanto aos alunos do grupo II, como foi notado, nenhuma mudança tinha ocorrido e não dominavam nada de novo sobre peso.

Os resultados dos dois grupos remanecentes são de maior interesse. Em ambos ocorreu uma diminuição do sucesso na aplicação do conhecimento. Este, sem dúvida, é o resultado daquelas mudanças que ocorreram com o passar do tempo no conhecimento recentemente adquirido, como foi

revelado nas entrevistas. É interessante que na solução do problema prático o resultado atingido é pior que na solução de problemas do livro texto. Foi precisamente o problema prático que não foi resolvido no experimento por um terço dos alunos pertencentes ao grupo IV e mais da metade daqueles pertencentes ao grupo III, apesar de todos eles terem mostrado habilidade na aplicação de conhecimentos recentemente adquiridos quando os exercícios foram apresentados em classe.

Os dados coletados mostram que o sucesso na aplicação de conhecimento recentemente adquirido, dominado inter-relacionado com o velho conhecimento diário, diminui não somente com o passar do tempo (como tem sido mostrado por alguns experimentos) mas também em frente a uma situação prática. Quanto mais perto a situação prática da experiência diária, maior é o domínio do velho conhecimento diário. Como consequência, o novo conhecimento que foi dominado pelas crianças nas lições é esquecido, apesar de ao mesmo tempo continuar a ser usado com êxito para resolver tarefas do livro texto. Nossos dados indicam que no ensino de física é necessário dirigir particular atenção para a aplicação em condições práticas daqueles conceitos de física cujo significado é sujeito a reorganização nas lições.

Que espécie de trabalho de organização de conteúdo de conceitos de física é necessário para assegurar domínio estável do conhecimento dado e sucesso em aplicá-lo na solução de problemas ?

De acordo com dados de experimentos anteriores, o modo mais efetivo de diferenciar o novo conhecimento do velho conhecimento que lhe é similar é o da contraposição sistemática dos dois no trabalho de classe. A base para a eficácia deste procedimento é o fato estabelecido por pesquisas psicológicas de que a maneira principal de formar a diferenciação é a repetida admissão de contraposições.

Com base nos nossos resultados, postulamos que a influência negativa do velho conhecimento no processo de aplicar o conceito físico de "peso" recentemente adquirido resulta de uma lei geral e que essa influência pode ser eliminada por uma diferenciação clara dos dois significados do termo citado.

Um experimento posterior foi realizado na Escola nº 368 quando algumas mudanças foram introduzidas no processo de estudar o tema "Peso dos Corpos".

Nas aulas, os alunos que estavam tomando parte no experimento foram convencidos através de exemplos que lhes foram mostrados que força não é somente o esforço muscular, mas que além desse tipo de força existem outros, por exemplo, a força exercida por um jato d'água, etc. Além disso, através de explicações verbais, foram descritos diferentes aspectos de força. Todos esses aspectos de força foram contrapostos ao velho entendimento do termo como esforço muscular. Portanto, tudo o que até agora tinha constituído a essência do conceito "força" foi diferenciado do entendimento físico amplo do conceito como qualquer ação de qualquer corpo em qualquer outro corpo.

Com base nos experimentos e explicações verbais foi possível estabelecer que se um objeto é empurrado e colocado em movimento é necessário falar sobre a ação nele exercida como força. Este enfoque proporciona uma caracterização física básica do conceito "força". As crianças aprenderam que para colocar um corpo em movimento é necessário exercer uma força sobre ele e que sem a aplicação de força não há mudança no movimento.

Dessa forma foi atingida a aspiração fundamental de encontrar uma maneira de diferenciar nas lições os aspectos do conceito diário de força que poderiam exercer uma ação negativa na formação do conceito de "peso".

Em seguida, o professor contrapos ao entendimento comum de peso e gravidade como dois conceitos diferentes, seu significado físico como dois termos diferentes significando a mesma grandeza física. Apenas depois desta fase foi possível apresentar exemplos como um corpo pendurado em um suporte ou o estiramento de uma mola. Antigamente os alunos, quando isso era mostrado para eles, consideravam-nos como fenômenos da força da gravidade e não do peso, de forma que a demonstração não atingia seu objetivo. Agora, depois da contraposição do entendimento diário de "peso" e "força" com seu significado físico, as crianças podiam perceber os fenômenos como manifestações da força que atua sobre um corpo atraindo-o para a Terra, isto é, estavam em condição de reconhecer a essência física do fenômeno observado. A familiarização com ins

trumentos de medidas de peso, com unidades e modos de medidas, foi introduzida somente quando foi possível contar com um entendimento basicamente correto de peso e já perfeitamente consolidado. Até este momento não havia pesos na mesa de demonstração a fim de não chamar as atenções das crianças nos instrumentos e ações de pesagem.

Uma verificação dos resultados mostrou que nas novas condições a maior parte dos alunos (nove dos dez sujeitos), mesmo os mais fracos, mantiveram o novo conhecimento sobre peso depois de um intervalo prolongado e facilmente aplicaram-no na solução de problemas.

A eficácia desse método indicado para aumentar o nível de domínio e aplicação do conhecimento em física foi também apoiada pela análise do trabalho do experimentado professor V.E. Lotikov cujos alunos operaram facilmente e corretamente com o conceito de peso. Lotikov não somente discriminou entre os significados comum e científico do termo peso ao ensiná-lo mas também tentou usar todas as idéias dos alunos (por exemplo, sobre gravidade) que poderiam servir como um suporte para a formação do conceito científico.

Os resultados do experimento pedagógico e a análise do trabalho de um professor experiente apoiam completamente a possibilidade de aumentar significativamente o sucesso na aplicação dos conceitos físicos que são dominados em inter-relação com o correspondente conhecimento do dia a dia. Além disso, eles demonstraram de maneira conveniente a necessidade de um trabalho especial do professor em diferenciar nas aulas o conhecimento novo do velho e realçaram fortemente a eficácia dos métodos de contraposição.

-x-x-x-x-

## COMO SABER SE SEUS ALUNOS PODEM APRENDER CERTOS CONCEITOS

### Introdução e Fundamentação Teórica

A física só é apresentada para os nossos estudantes, formalmente, como uma disciplina à parte das outras ciências, no 1º ano colegial. Antes disso, eles estudam alguns tópicos de Física esparsos pelo curso de ciências do ginásio.

Segundo Piaget, o pensamento formal e a capacidade de abstrair aparecem apenas por cerca dos 15 anos (em média, idade na qual os alunos chegam ao colegial) e é idéia corrente entre os educadores que só se pode começar o ensino de física (quantitativamente) no colegial. Antes disso é possível apenas dar-se noções qualitativas e no nível do concreto.

Até aquela idade podemos dizer que o indivíduo não tem estruturas que lhe permitam a abstração necessária para compreensão dos conceitos físicos que são generalizações feitas sobre situações concretas. Como estas estruturas surgem de uma interação dinâmica do organismo humano com o meio ambiente através de um processo de equilíbrio, os estudantes através do seu contato com o mundo na vida diária desenvolvem a respeito do mesmo uma conceituação que muitas vezes, está em desacordo com o ponto de vista científico.

Bruner acha que a criança se desenvolve, passando durante o desenvolvimento, por três modos de representação do mundo: enativo, icônico e simbólico. (Esta subdivisão pode ser comparada com a teoria de Piaget: estágios de desenvolvimento pré-operacional, operacional e operações formais).

O modo de representação enativo significa basicamente que a representação do mundo é feita através de respostas motoras. O icônico depende de habilidades motoras e de prática de imagens que representam a sequência de atos envolvidos naquela habilidade. A linguagem proporciona meios de não só representar a experiência do mundo, mas também de transformá-lo: é a representação simbólica.

Bruner acha que é possível ensinar qualquer coisa a uma criança, desde que isso seja feito na linguagem da criança, i.é., respeitando-se o nível de desenvolvimento em que ela se encontra. Se apresentarmos à criança qualquer tipo de instrução ou habilidade na linguagem que corresponda à linguagem de desenvolvimento que a criança esteja atravessando, ela será capaz de aprendê-lo, de alguma forma.

No início do nosso projeto tínhamos as teorias de Bruner e Piaget, e a idéia inicial de usar Bruner para ensinar física para crianças de curso primário. O projeto tinha que ser desenvolvido em um semestre e por isso resolvemos restringir o nosso trabalho a uma experiência apenas, a experiência de queda dos corpos. As crianças em idade escolar já tem noção que as coisas pesam, umas mais que as outras, já viram coisas caindo, i.é., tem algumas noções do senso comum adquirido na vida diária.

Nossa intenção era propor a um grupo de crianças do curso primário algumas experiências relacionadas com queda dos corpos, levá-las à compreensão dos efeitos da resistência do ar, da forma dos corpos, etc.. Por exemplo, deixar cair uma folha de papel aberta e depois amassá-la formando uma bolinha e deixá-la cair novamente, observando as diferenças entre os dois fenômenos (a bolinha cai mais depressa). Não chegamos a realizar esta parte da experiência, mas certamente teríamos esbarrado em uma dificuldade não cogitada.

As crianças provavelmente estariam no estágio de pensamento intuitivo ou de operações concretas, mas de qualquer forma não teriam ainda o conceito de conservação de peso e a folha de papel teria diferentes pesos para as crianças nas duas situações. Supondo-se que as crianças provavelmente considerariam a bolinha de papel mais pesada do que a folha aberta, o nosso experimento reforçaria o conceito aristotélico de queda (o mais pesado cai mais depressa).

A experiência final seira colocar uma bolinha de chumbo e uma pena num tubo de lâmpada fluorescente, limpo, no qual seria feito vácuo e com isso demonstrar que, sem os efeitos do ar, os dois corpos realmente caem ao mesmo tempo.

Logo descobrimos que seria muito difícil realizar o trabalho com crianças de curso primário, principalmente devido a problemas de tempo. E resolvemos usar uma classe de 6ª série do curso noturno do GEGEDEC.

Durante as nossas discussões, notamos que o aprendizado correto dos conceitos envolvidos na queda dos corpos recebe muita influência do senso comum, característica da física aristotélica. E fomos estudar Galileu e Aristóteles, porque o que nós pretendíamos era mudar o raciocínio dos alunos, em relação à queda dos corpos, i.é., fazê-los passar do senso comum, aristotélico, intuitivo, através da experiência, à maneira de Galileu, para os conceitos corretos.

É um ponto de vista comum entre educadores de ciências, que a interação com material concreto é imprescindível quando se introduz um novo conceito e também quando ensinamos certos conceitos a estudantes ainda no estágio das operações concretas. Muitos vão ainda além, afirmando que o laboratório deve preceder a introdução a uma generalização abstrata.

Fleshner, em seu artigo "O domínio de alguns conceitos em física pelas crianças" (1), relata investigações feitas com crianças em idade escolar na Rússia sobre aprendizado de conceitos de física, salientando o problema de como o aprendizado anterior interfere com o aprendizado presente, e propondo uma técnica de ensino para resolver esse problema.

Fleshner estudou o aprendizado do conceito científico de peso. O conceito de peso é aprendido muito cedo pelas crianças, mesmo antes de entrar para a escola. Com isso, o conceito que as crianças trazem para a escola tem muitas influências da vida diária, que não são eliminados totalmente quando os alunos estudam o conceito de peso nos moldes tradicionais. Fleshner realizou pesquisas antes e depois do estudo e verificou que a maior parte dos alunos, total ou parcialmente, pensando um certo tempo depois de estudado o tema, voltam aos conceitos anteriores, que foram aprendidos na vida diária.

Baseado nesses resultados, ele propõe uma técnica de ensino chamada de "contraposição", onde o professor sabendo que conceitos pré-científicos os alunos têm, assinala os pontos de conflito e de similaridade entre esses conceitos e os conceitos científicos corretos. Além disso, Fleshner em sua experiência, após verificar que o conceito de peso era muitas vezes confundido com o ato de pesar ou com o quanto o corpo pesa, afirma que o laboratório só deve ser introduzido quando o conceito de peso correto estiver já estabilizado, ou seja, tenha sido completamente assimilado pelo indivíduo.

Nosso trabalho foi portanto, descobrir qual o nível conceitual dos estudantes e sua capacidade de operar em situações concretas com os conceitos de peso e gravidade, queda dos corpos, forma e movimento da Terra. Decidimos analisar estudantes de vários níveis escolares, muitos dos quais já tinham sido expostos na escola aos conceitos examinados.

O instrumento usado para essa análise foi um questionário com sugestões incentivando respostas dissertativas.

Numa fase posterior a este trabalho poderia ser usada a técnica de "contraposição" de Fleshner para ensinar os conceitos aqui tratados.

## ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Foi elaborado um primeiro questionário (Anexo 1) constituído de 13 perguntas divididas em três grupos principais: questões nºs 1, 2 e 3 sobre forma e movimento da Terra; questões nºs 4, 11, 12 e 13 sobre queda dos corpos; e nºs 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sobre peso e força.

As questões sobre forma da Terra e seus movimentos foram colocadas no questionário para que se possa analisar como é entendida a queda dos corpos, isto é, se caem para a Terra porque ela está na frente ou caem em direção ao centro da Terra. Parece-nos, que o aluno que não tivesse assimilado o conceito de Terra redonda, não estaria capacitado para entender os fenômenos de Gravitação.

Na primeira fase, as questões estavam ordenadas por assunto, mas nas fases subsequentes decidimos embaralhar as questões para evitar que a própria ordem do questionário influenciasse as respostas, prejudicando assim o resultado do questionário.

Esta primeira fase da pesquisa foi passada a 28 alunos de 6ª série, período noturno, em 21/5/75. Esta classe é constituída principalmente por alunos que estão fora da faixa etária de escolaridade e são quase todos provenientes do MOBREAL.

Quando decidimos continuar a pesquisa modificamos o questionário procurando eliminar questões cujas respostas em geral não traziam a informação desejada e sendo portanto por demais inconclusivo o resultado da análise.

Eliminamos as questões 7, 9, 12 e 13. Na 7ª questão, as respostas eram em geral em termos do adulto ter crescido e a criança e similares. As questões 12 e 13 tentavam descobrir se os estudantes pensam que as coisas caem para a Terra porque está na frente ou se é devido à atração gravitacional. As respostas em geral eram pouco conclusivas não nos informando o desejado.

O questionário nesta forma (Anexo 2) foi aplicado aos alunos do I.E. Virgília R.A. de Carvalho Pinto, voluntários para o mini-curso de Prática de Ensino, onde tiveram um bom aproveitamento.

O questionário em sua forma final (Anexo 3) foi aplicado às seguintes turmas:

- 23 alunos do 1º ano de Física diurno, distribuídos em 3 turmas diferentes, sendo uma delas do curso personalizado. Alguns alunos levaram o questionário para responder em casa e ou-

ros ao final da aula.

- 27 alunos do 3º colegial do Colégio São Paulo de Paratinga. A maioria desses alunos estão concomitantemente fazendo o cursinho preparatório para o vestibular, estando distribuídos em 5 alunos de exatas, 5 de humanas e os demais, ciências - biomédicas.

- 15 alunos de Letras e História, cursando o 4º ano de Licenciatura. O questionário foi passado durante uma aula de Didática na Faculdade de Educação.

- 24 alunos da 8ª série A do G.E.G.Experimental Dr. Edmundo de Carvalho, uma classe que rende sempre que é solicitada e com boa capacidade de assimilação da matéria, bons alunos de Matemática e Ciências. Estes alunos estavam estudando conceitos de força na época da aplicação do questionário.

- 23 alunos da 8ª série da mesma escola, alunos com muita dificuldade de aprendizagem, lentos e com deficiências de raciocínio. Também estavam estudando conceitos de força, mas em nível mais elementar.



## CARACTERÍSTICAS DAS QUESTÕES E CRITÉRIOS DE ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Para avaliar os conceitos que estão presentes nos vários tipos de alunos, elaboramos o questionário com dois tipos de perguntas, sendo um tipo para avaliar o nível de entendimento do conceito (chamamos de tipo A, questões 3,5,7 e 9) e o outro para verificar a capacidade de operar com o conceito em situação concreta (chamamos de tipo B, questões 2,4,6,8 e 10).

Nas questões do tipo A verifica-se a linguagem, o sentido do senso comum e o aprendizado anterior, os quais foram classificados em três grupos:

1. estágio de conceituação forma satisfatório.
2. conceitos insatisfatórios ou inexistentes.
3. respostas inconclusivas.

Nas questões do tipo B verificou-se qual o grau de assimilação do conceito que o aluno usa para operar numa situação - em que o aluno tem uma participação ativa. Foram também classificados em três grupos:

1. opera com o conceito físico em situação concreta.
2. usa o senso comum.
3. respostas inconclusivas ou misturam os dois conceitos.

As questões 3,5,7 e 9 foram avaliadas conjuntamente e as respostas dadas pelos alunos foram:

grupo 1. responderam corretamente as perguntas usando o conceito científico.

grupo 2. os que deram respostas erradas conceitualmente ou não deram resposta.

grupo 3. os que não conseguiram formalizar os conceitos.

As questões do tipo B foram analisadas em grupos de assunto, a saber:

Questões 1 e 4 sobre a forma da Terra; respostas características:

grupo 1. responderam "laranja ou disco" para a questão 1 e "mesmo lugar" para a questão 4.

grupo 2. respostas onde ficava claro que o aluno não tinha o conceito de Terra redonda e finita.

grupo 3. respostas inconclusivas. Neste grupo foram

classificados muitos que não conseguiram abstrair a situação proposta.

Observação: A questão 1, isoladamente, não tem validade na medida em que muitos não liam ou não entendiam a situação proposta na questão porque as respostas laranja ou disco dão somente uma idéia de tipos de respostas, escolar ou de interpretação lógica exata da pergunta. A análise das questões 1 e 4 é feita em conjunto indicando a coerência do conceito sobre a forma da Terra.

Questão 6. sobre o movimento da Terra; respostas características:

grupo 1. alunos que explicam pelo movimento de rotação da Terra.

grupo 2. respostas que explicavam pelo movimento do Sol, em torno da Terra.

grupo 3. respostas inconclusivas, a maioria explicando pelo movimento de translação da Terra.

Questões 2, 8 e 10 - sobre queda dos corpos e gravidade; respostas características:

grupo 1. corpos sob ação da mesma aceleração da gravidade.

grupo 2. os mais pesados caem primeiro para a questão 2, só há força na subida e a Terra é o lugar natural na questão 8 e na questão 10 só há gravidade na Terra.

grupo 3. as respostas onde os conceitos físicos e de senso comum se confundiam ou não havia respostas.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

(Os resultados estão resumidos na Tabela e nos Gráficos)

Comparando-se a expressão dos conceitos formais e a operação com os mesmos em situações concretas, concluímos que mesmo o aluno sendo incapaz de formalizar os conceitos ele consegue operar com os mesmos em situação concreta. Isto aconteceu principalmente nos 1º e 3º colegiais e no 1º ano de Física. Daí se conclui que as avaliações teóricas explicativas não são um bom indicativo de que o aluno assimilou os conceitos e portan-

to, o professor deve evitar tal tipo de questão para medir a prendizado. A dificuldade de expressão pode vir de uma dificuldade própria de linguagem dos alunos e de uma falha do método de questionário. Uma entrevista poderá medir mais precisamente o que acontece.

Uma outra comparação que pode ser feita é entre o nível de conceituação formal do 1º colegial e do 3º colegial. Entre os alunos do 3º colegial, 70% deram respostas insatisfatórias para as questões sobre conceitos formais, enquanto esta percentagem é de apenas 57% no 1º colegial. Os dois grupos estão estudando os conceitos de peso e força neste ano sendo que os de 3º colegial estão revendo-os no cursinho. Sugerimos então, como explicação para esta discrepância inesperada a influência do cursinho que apenas ensina a resolver problemas e responder testes. Para confirmar nossa hipótese, as questões sobre forma e movimento da Terra, que não caem no vestibular, apresentam um melhor resultado. Uma sugestão para futuros estudos é um exame mais apurado deste aspecto.

Notamos ainda que força foi definida pelos alunos do 3º colegial como "puxão e empurrão" que é a primeira noção da da na maioria das apostilas e livros para o secundário, que equivale à noção do senso comum. Fleshner sugeriria que estes alunos se não continuarem a estudar Física, passados alguns anos, terão apenas esta noção de força. O resultado indica uma falha dos métodos usados pelos livros textos onde o senso comum é reforçado.

Poder-se-ia então examinar outros conceitos assimilados no senso comum - estudar os livros textos em uso - e desenvolver técnicas de contraposição para o ensino desses conceitos como definidos cientificamente. É importante também decidir em que momento o laboratório vai ser introduzido para que não seja um reforçador do senso comum e sim um instrumento da contraposição. Isto envolveria uma pesquisa do tipo apresentado neste trabalho e depois uma análise detalhada das respostas dadas.

Um outro resultado interessante advém da comparação entre as 8as. séries. Normalmente, os professores preparam e ministram cursos exatamente iguais para séries iguais, mas de acordo com esta pesquisa há diferenças notáveis entre as duas

classes de mesma série examinadas. Estas diferenças existem devido ao critério de formação das classes da Escola. A abordagem dos conceitos deve respeitar essas diferenças que podem existir mesmo entre classes que não tenham sido deliberadamente homogeneizadas.

Até a 8a. série os alunos não operam com os conceitos de força e peso por não terem ainda estudado os mesmos visto que a maioria consegue operar com o conceito de Terra redonda.

A diferença de porcentagem entre os que operam com o conceito científico da forma da Terra e com os conceitos científicos de peso e força decresce à medida que avançamos no nível de escolaridade, sendo ela bastante grande nas 8as e 6a. série. Esta diferença é significativamente pequena para os alunos do 1º ano de Física.

Notamos que o grupo de Humanas tem bom nível de abstração visto que uma grande porcentagem operou com o conceito de Terra redonda e de movimento de rotação da Terra. A baixa porcentagem apresentada para a conceituação formal de peso e força (0%) explica a grande quantidade de respostas inconclusivas (60%), a maior entre todas as classes examinadas, para as questões que exigiam operação concreta com tais conceitos.

Esses alunos, embora possam ter sido expostos aos conceitos corretos, não os assimilaram, mas se recusam a usar o senso comum, por terem se acomodado ao fato de que existe uma conceituação correta e científica. Fleshner observou um resultado semelhante para alunos que tinham estudado os conceitos na forma tradicional (grupo IV).

Faltou em nossa pesquisa uma questão envolvendo os conceitos examinados em nível de problema de livro em vez de situação concreta. Isso nos permitiria analisar melhor a separação que o aluno faz entre as situações possíveis do dia-a-dia e as situações hipotéticas dos livros textos. Seria também interessante introduzir questões tipo cursinho para avaliar melhor a hipótese levantada acima, sobre a influência dos preparatórios para o vestibular na formação de conceitos.

#### CRÍTICA SOBRE O QUESTIONÁRIO

O fato de que a análise dos questionários levarem as

conclusões sobre os alunos, coerentes com o que conhecemos deles, mostra que o questionário alcançou o objetivo proposto.

O Professor em classe tiraria muitas das dúvidas de interpretação das respostas e diminuiria o mínimo de respostas inconclusivas através de "entrevistas".

Questões com respostas dissertativas, seguidas de questões em que o aluno é posto em situação concreta dão uma idéia boa do nível conceitual dos alunos, seja em questionários ou entrevistas.

#### REFERÊNCIAS

- \*1. "O domínio de alguns conceitos em física pelas crianças" - E.A. Flesher - Educational Psychology - Methuen & Co. Ltd. tradução de Benedito Carneiro - Jornal do 363 - nº 4 - 1975

#### AUTORES

BENEDITO CARNEIRO  
FREDERICO SILVESTRE SERGIO  
TEREZINHA S. B. COUTINHO  
SHOZO SHIRAIWA

\*Os autores são alunos do curso de INSTRUMENTAÇÃO P/ O ENSINO DE FÍSICA

\*O trabalho foi desenvolvido durante o Curso de Instrumentação, com a orientação da profa. AMÉLIA I. HAMBURGER.

IFUSP 1975

#### ANEXO I

#### Questionário preliminar - 1ª fase

- 1- Você está em cima da Terra e olha em volta. Você vai achar que a Terra tem o formato mais parecido com o de um disco de vidro ou com uma laranja?
- 2- Se você sair andando, sempre para a frente, sem parar, sem precisar parar, aonde você vai chegar?
- 3- Se você olhar o para o Sol pela manhã e está de um lado da cidade, ao meio dia está quase em cima de sua cabeça, e à tarde está de outro lado. Como é que você explica isso?
- 4- Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas, ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas vão chegar juntas ou chão? Por que?
- 5- O que é peso? Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 6- Será que todos os corpos tem peso? Você é capaz de pensar em corpos que não tem peso?
- 7- Por que é que uma criança pequena não consegue empurrar o armário que está no fundo da sala, e um homem pode?
- 8- Você sabe o que é força?
- 9- Porque é necessário fazer força para poder levantar uma cadeira?
- 10- Você acha que peso tem alguma coisa a ver com força?
- 11- Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 12- Você está num avião, voando bem alto, sobre a cidade de São Paulo, e deixa cair uma bola de ferro, onde vai cair a bola? Por que?
- 13- E se agora você está no mesmo avião, da mesma altura, mas do outro lado da Terra, sobre o Japão, e deixa cair a bola de ferro, onde ela vai cair?

ANEXO 2  
2ª Fase

- 1- Você está em cima da Terra e olha em volta. Você vai achar que a Terra tem o formato mais parecido com o de um disco de vidro ou com uma laranja?
- 2- Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas, so mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? ou você acha que as duas vão chegar ao mesmo tempo. Por que?
- 3- Você sabe o que é força? Explique.
- 4- Se você sair andando, sempre em frente, sem precisar parar, aonde você vai chegar?
- 5- Todos os corpos tem peso?
- 6- Você acha que Peso tem alguma coisa a ver com Força?
- 7- Se você olhar para o Sol pela manhã ele está de um lado da cidade, ao meio dia está quase em cima de sua cabeça, e à tarde, está do outro lado. Como você explica isso?
- 8- Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 9- Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 10- Você é capaz de pensar em corpos que não tem peso?
- 11- Quando você carrega uma criança você faz uma força com os seus músculos. Imagine-se carregando uma criança na Lua. Você faria maior esforço na Terra ou na Lua? Por que?

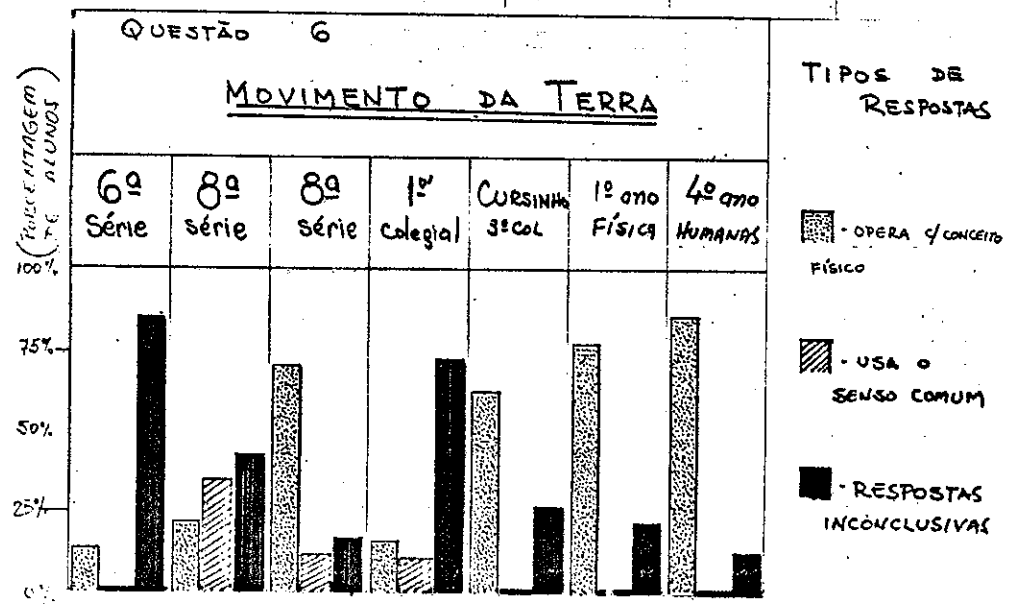
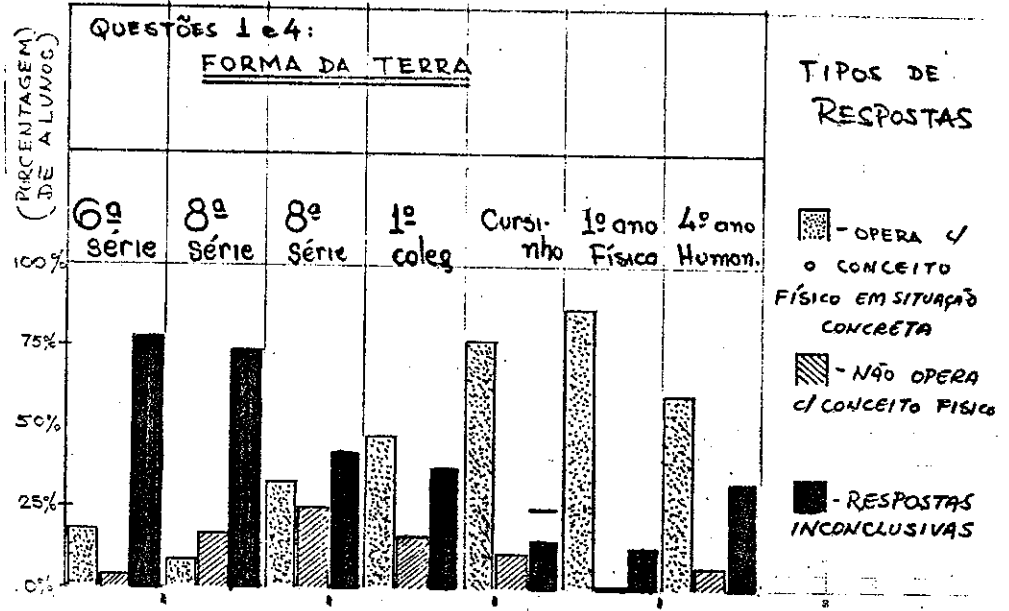
ANEXO 3

Questionário Final

- 1- Da sua janela você olha em volta. Você vai achar que a Terra - tem o formato mais parecido com o de um disco de vitrola ou com uma laranja?
- 2- Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas vão chegar juntas ao chão? Por que?
- 3- Você sabe o que é força? Explique.
- 4- Se você sair andando, sempre em frente, sem precisar parar no caminho, aonde você vai chegar?
- 5- Todos os objetos têm peso? Você conhece objetos que não tem peso? Dê exemplos.
- 6- Se você olhar o Sol pela manhã ele está de um lado da cidade, ao meio dia está quase em cima de sua cabeça, e à tarde está do outro lado. Como é que você explica isso?
- 7- Você acha que peso tem alguma coisa a ver com força ?
- 8- Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 9- Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 10- Quando você carrega uma criança você faz uma força com os seus músculos. Imagine-se carregando uma criança na Lua. Você faria maior esforço na Terra ou na Lua? Por que?

# RESULTADO DOS QUESTIONÁRIOS

Classes (nº de alunos)	6ª (20)	8ª (23)	8ª (23)	12ª Col. Cury (27)	12º ano Física Human. (23)	4º ano Física Human. (15)	TIPOS DE RESPOSTAS
Questões 1 e 4 FORMA DA TERRA	18% 4%	9% 17%	33% 25%	77% 11%	87% 0%	60% 7%	OPERA / CONCEPTO FÍSICO NÃO OPERA RESPOSTAS INCONCLUSIVAS
6 MOVIMENTO DA TERRA	14% 0%	22% 35%	71% 12%	16% 11%	78% 0%	87% 0%	OPERA / CONCEPTO FÍSICO USA O SENSO COMUM RESPOSTAS INCONCLUSIVAS
2, 3 e 10 SITUAÇÕES CONCRETAS DE PESO E FORÇA	4% 71%	0% 43%	0% 17%	42% 73%	83% 4%	7% 33%	OPERA / CONCEPTO FÍSICO USA O SENSO COMUM RESPOSTAS INCONCLUSIVAS
3, 5, 7 e 9 CONCEITOS FORMAIS DE PESO E FORÇA	0% 53%	4% 96%	4% 75%	37% 58%	74% 17%	0% 93%	CONCEITOS FORMAIS SATISFATORIOS CONCEITOS INSATISFATORIOS OU INEXISTENTES RESPOSTAS INCONCLUSIVAS OU MISTURA CONCRETAS



"COMO SABER SE SEUS ALUNOS PODEM APRENDER CERTOS CONCEITOS"

Trabalho realizado por Benedito Carneiro, Frederico Silvestre Sérgio, Shozo Shiraiwa e Teresinha J.S.B. Coutinho no Curso de Instrumentação para o Ensino de Física, 1975, IFUSP, sob a orientação da Profa. Amélia Império Hamburger.

QUESTIONÁRIO E CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

As questões 3, 5, 7 e 9 servem para avaliar o nível de entendimento formal do conceito. Nessas questões verifica-se a alinquagem, o sentido do senso-comum e o aprendizado anterior.

3. Você sabe o que é força? Explique.
5. Todos os objetos têm peso? Você conhece objetos que não têm peso? Dê exemplos.
7. Você acha que o peso tem alguma coisa a ver com força?
9. Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.

Caracterização das respostas:

- a) responderam corretamente as perguntas usando o conceito científico.
- b) os que deram respostas erradas conceitualmente ou não deram respostas.
- c) os que não conseguiram formalizar os conceitos.

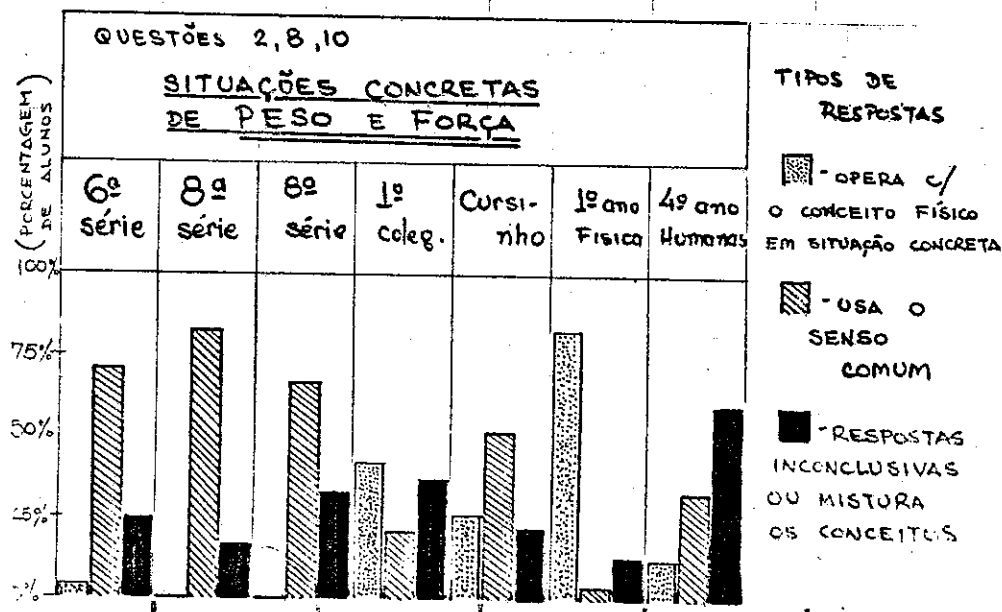
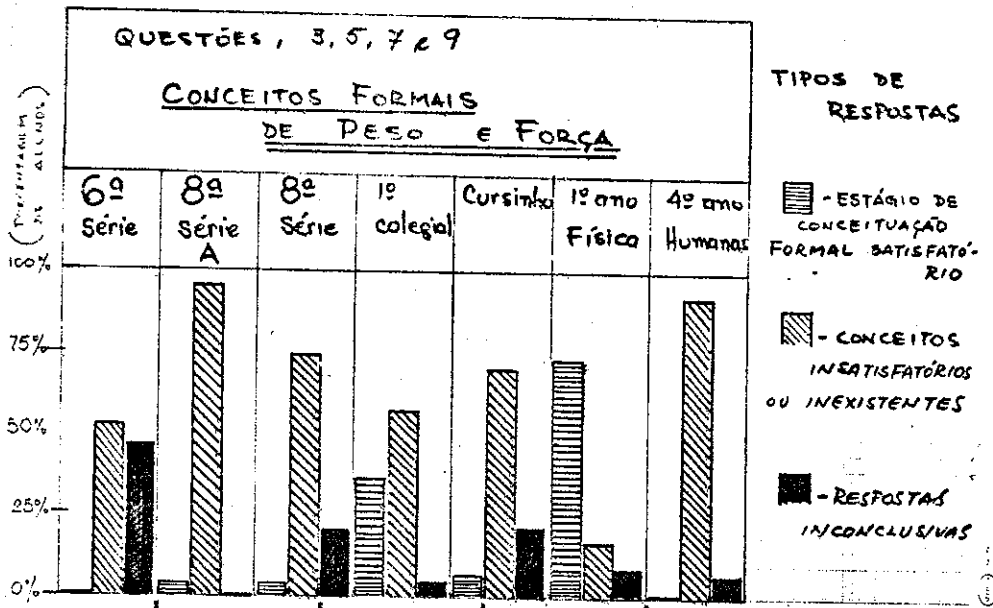
As questões 1, 2, 4, 6, 8 e 10 servem para verificar a capacidade de operar com o conceito em situação concreta.

Questões 1 e 4: sobre a forma da Terra.

1. Da sua janela você olha em volta. Você vai achar que a Terra tem o formato mais parecido com o de um disco de vitrola ou com uma laranja?
4. Se você sair andando, sempre em frente, sem precisar parar no caminho, aonde você vai chegar?

Caracterização das respostas:

- a) responderam "laranja ou disco" para a questão 1 e "mesmo lugar" para a questão 4.
- b) respostas onde ficava claro que o aluno não tinha o conceito de Terra redonda e finita.
- c) respostas inconclusivas. Neste grupo foram classificados muitos que não conseguiram abstrair a situação proposta.



Questão 6: sobre o movimento da Terra.

6. Se você olhar o Sol pela manhã, ele está de um lado da cidade; ao meio dia está quase em cima de sua cabeça; a tarde está do outro lado. Como é que você explica isso?

Caracterização das respostas:

- a) alunos que explicam pelo movimento de rotação da Terra.
- b) respostas que explicam pelo movimento do Sol em torno da Terra.
- c) respostas inconclusivas, a maioria explicando pelo movimento de translação da Terra. Por exemplo: "A Terra gira".

Questões 2, 8 e 10: sobre queda dos corpos e gravidade.

2. Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas, ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas coisas vão chegar juntas ao chão? Por que?
8. Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
10. Quando você carrega uma criança você faz uma força com os seus músculos. Imagine-se carregando uma criança na Lua. Você faria maior esforço na Terra ou na Lua? Por que?

Caracterização das respostas:

- a) corpos sob ação da mesma aceleração da gravidade.
- b) os mais pesados caem primeiro, para a questão 2; só há força na subida e a Terra é o lugar natural, na questão 8; só há gravidade na Terra, na questão 10.
- c) as respostas onde os conceitos físicos e de senso comum se confundiam ou não havia respostas.

...

## HISTÓRIA DA FÍSICA E POSSÍVEIS CONSEQUÊNCIAS PEDAGÓGICAS

A Alexandre Koyré nós devemos os primeiros trabalhos efetivos para um visãõ não ingênua da história da ciência e sobretudo da física. Seus trabalhos vão fornecer a base para uma série de pesquisas posteriores neste ramo que hoje já possui uma literatura bastante razoável embora desconhecida do estudante de física pelo menos no Brasil.

No seu artigo Galileu e a revolução científica do sec. XVII procura destruir uma série de mistificações e ingenuidades quanto à física aristotélica e galilaica, mistificações que assumimos constantemente, o que prejudica tanto a captação conceitual quanto a prática pedagógica. Sobre a física aristotélica, procura mostrar que:

1) Não é um conjunto de incoerências, mas uma teoria científica altamente elaborada e coerente.

2) Concorda, muito melhor que a clássica, com a experiência cotidiana, a intuição, o senso comum e as sensações (informações através dos sentidos).

3) É antimatemática por basear-se na percepção sensível que é essencialmente qualitativa, ou seja, recusa-se a substituir fatos qualitativamente determinados pela experiência cotidiana e senso comum por uma abstração geométrica.

Recusa a matemática porque: a) Os conceitos são heterogêneos em relação aos dados da experiência sensível; b) A matemática é incapaz de explicar a qualidade e deduzir o movimento.

4) Recusa-se a isolar um corpo de seu arcabouço físico, ou seja, não substitui o espaço real (sensível) por um espaço infinito, geométrico e homogêneo. Para a física aristotélica o espaço é

finito e bem ordenado. Portanto para estudar um problema concreto é preciso conhecer a parte do mundo onde se dá o problema para se ter as leis características desse lugar (já que o espaço não é homogêneo, como o geométrico, as leis mudam conforme o lugar do espaço): Por isto seu estudo de astronomia é independente do estudo na terra.

5) O movimento é um processo de troca interno ao próprio corpo, o corpo muda em relação aos outros, mas também em relação a si mesmo quando se movimenta, portanto um corpo sujeito a diversos movimentos, um entrava o outro (Não há independência de movimentos e consequentemente não vale o princípio da superposição como em Galileu).

6) O movimento não pode prolongar-se espontaneamente e para sua persistência exige um motor, cessada a ação cessa o efeito. Portanto o princípio de inércia é contraditório, é impossível para o sistema aristotélico.

A modificação básica que vai provocar polêmicas e discussões quanto à validade da física aristotélica vai ser a chamada "revolução copernicana" que coloca a terra girando em torno do sol (este sim, fixo).

A verdade é que a concepção copernicana era incoerente em relação aos valores culturais existentes (costuma-se com simplismo explicar isto apenas pela rígida posição da igreja). A concepção copernicana só pode adquirir coerência a partir de uma física baseada no princípio da inércia, ou seja, a física clássica, e esta não existia. Alguns exemplos de objeções levantadas pelos sábios da época à rotação da terra:

1) A velocidade formidável de seu movimento faria os corpos não presos a ela serem atirados longe por força centrífuga.

2) A rotação obrigaria os corpos não ligados a ela (pássaros, nubes, corpos atirados) a ficarem atrasados em relação a terra.

2) Uma pedra solta de uma torre não cairia a seu pé.

Ora, estes argumentos são corretos e irrefutáveis com base na física aristotélica. Os argumentos desenvolvidos antes de Galileu pelos adeptos de Copérnico para explicar o movimento da terra são falhos e inconsistentes. Alguns exemplos desses argumentos:

1. Copérnico: seu argumento repousava numa concepção mítica de identidade entre corpos terrestres e terra o que faria com

que esses corpos acompanhassem o movimento da terra.

2. Kepler: seu argumento baseia-se na existência de forças elásticas-magnéticas entre a terra e os corpos, que faria com que acompanhassem a terra no seu movimento.

Tanto Copérnico como Kepler tentavam explicar o movimento da terra aceitando o postulado, cessando a causa, cessa o efeito, de Aristóteles, o que resultava incoerente.

É preciso refletir um pouco sobre isto. Durante quase 2.000 anos a física aristotélica vingou e mesmo nomes consagrados da física, quase contemporâneos a Galileu, como Kepler e Copérnico sofriram a influência da física aristotélica e nem sonhavam com o princípio da inércia (que nós "queremos" achar óbvio e intuitivo).

A partir disto nós podemos atender melhor o significado da física clássica e de seu ponto de partida com Galileu.

É preciso inicialmente afastar o "dogma" de que a física de Newton e Galileu nasce empiricamente, quando a física se preocupa "realmente" em observar a natureza.

A física clássica nasce justamente do oposto. Seu ponto de partida é a abstração. É preciso pensar puramente e distanciar-se da percepção sensível, das informações dos sentidos. A boa física (clássica) é feita a priori. A teoria precede o fato. As leis são descobertas não na natureza, mas no nosso espírito. As leis fundamentais do movimento são leis geométricas, matemáticas. Ora, geometria e matemática são ciências puras do entendimento.

Para Galileu "somos capazes de dar provas puramente e estritamente matemáticas das proposições do movimento, desenvolver uma linguagem de ciência natural e questionar a natureza por experiências contruídas de maneira matemática e de ler o grande livro da natureza que está inscrito em caracteres geométricos".

As observações acima podem ser caracterizadas pelos postulados da ciência galilaica.

Postulados não intuitivos da ciência galilaica:

1. O princípio da inércia não pode ser observado (é totalmente teórico).

2. O tratamento da mecânica como ramo das matemáticas, isto é, substituir o mundo real e qualitativo de experiência sensível cotidiana por um mundo geométrico e quantitativo.

3. O movimento é tratado como translação geométrica: por isto o movimento não afeta o corpo que o tem (como em Aristóteles).



Um corpo move-se apenas em relação ao outro. O mesmo corpo está em repouso ou movimento, conforme o referencial. Repouso e movimento são estados relativos. Como consequência um corpo sujeito a vários movimentos, cada um deles definido por leis geométricas, cada movimento não interfere nos demais, não há interação. O movimento complexo é a soma de movimentos simples.

Se examinarmos as pressuposições para o princípio da inércia, perceberemos seu caráter teórico:

1. A possibilidade de isolar um corpo de todo o seu arcabouço físico e considerá-lo simplesmente no espaço.

2. Espaço identificado com espaço infinito e homogêneo da geometria euclidiana.

3. Movimento e repouso tem o mesmo nível ontológico (isto é, de "ser").

As considerações acima expõem rapidamente algumas posições de Koyré sobre o assunto e provavelmente a consciência delas mesmo na prática pedagógica indica o "tipo de mundo" que os alunos tem a partir de sua experiência quotidiana (para Koyré aristotélica) e a "revolução" produzida pelo ensino da física clássica nas suas concepções.

Muitas reflexões sobre a prática pedagógica em física poderiam ter lugar a partir desta concepção de Koyré.

(Valdir Ferreira Instrumentação para o Ensino - Diurno-1975).

Ref.- Alexandre Koyré, Études Galiléennes, "A L'Aube de la Science Classique", Hermann e Cie., Editeurs, Paris.

## PROPOSTAS PARA ENSINO DOS CONCEITOS ASSOCIADOS A FORMA DA TERRA E A IDEIA DE PESO A PARTIR DE RESPOSTAS DE ALUNOS.

Os resultados encontrados nas pesquisas "Como saber se seus alunos podem aprender certos conceitos"<sup>\*1</sup>, apontam (como já a pontaram para Fleshner<sup>\*2</sup>) o uso do método de contraposição, ou seja, partir das concepções existentes no aluno contrapô-la às concepções científicas permitindo ao aluno uma comparação crítica que atua sobre dois aspectos interligados:

1. não permite a superposição de camadas contraditórias sem interações entre elas.
2. estabelece a ligação entre o mundo e o conceito científico, a experiência sensível quotidiana e a ciência que procura explicá-los, libertando a ciência de uma visão artificial, escolar que se esgota na sala de aula.

O problema seria explicitar este método de "contraposição" para diferentes níveis de ensino e diferentes tópicos da matéria. É o que procuraremos fazer como exercício no conceito de forma da Terra e noção de peso que foram pesquisados em questionário desenvolvido em outro trabalho do Ensino de Instrumentação<sup>\*1</sup>

### 1. Em relação à forma da Terra:

Este tópico apresenta maior facilidade já que é uma informação direta sem necessidade de teoria anterior.

O que as respostas sobre este assunto demonstraram é que afirmações do tipo "ter a forma de uma laranja" feitas isoladamente não resolvem o problema. O método de contraposição deveria partir das afirmações feitas (detectar quando são formais e não realmente apreendidas) e mostrar sua adequação ou não a situações concretas,

do tipo:

a) Uma pessoa viajando em torno da Terra por terra e água (carro e navio, avião poderia confundir) voltando ao ponto de partida.

b) Situar-se em um satélite artificial (ou na Lua) e de lá olhar a Terra (mostrar as fotografias).

c) Imaginar (ou mostrar) uma formiga andando em uma laranja.

Para colegial ou adultos poder-se-ia tentar explicações que exigissem maior nível de abstração. Mas o importante seria ver as respostas dadas as perguntas sobre forma da Terra e trabalharlas sobre dois aspectos:

1. Se corretas: aprofundar consequências das respostas levantando situações indiretas e testando a coerência da resposta inicial e suas consequências.

2. Se erradas: mostrar situações práticas (vindas também da experiência quotidiana) que entram em contradição com a resposta dada, e mostrar como o conceito correto dá coerência e esclarece essas experiências.

3. Usar globo e mostrar que uma pessoa num ponto do globo não perceberia que é um globo. O problema das aproximações e dimensões (para queda dos corpos considera-se a Terra plana) reforçam o senso comum. O importante seria dar consciência das aproximações explicitando seu uso, por exemplo:

caracterizar que este desenho é uma aproximação muito boa, mas que realmente haveria uma curvatura, ainda que muito pequena, não detectável.

## 2. Quanto à idéia de peso

Antes de qualquer coisa deveria se explicitar a noção de força e a noção de inércia e a relatividade do acima, embaixo.

Relacionando com conceitos sobre forma da Terra e posição no espaço, mostrando que um corpo em qualquer posição de espaço só passa a se movimentar se uma força atuar sobre ele (inclusive na proximidade da Terra).

Neste caso o método da contraposição deveria partir dos conceitos de força, baixo, cima, como um corpo se movimenta se estiver parado, e a possibilidade de uma força atuar à distância (exemplificar com ímã).

O resultado dos questionários parece mostrar o ponto crucial da física Newtoniana já mostrado por Koyré<sup>\*3</sup>.

- enquanto o princípio da inércia não foi assimilado efetivamente, toda a física ensinada está vacilante, e Koyré já mostrou o nível de abstração desse princípio e sua dissonância com o senso comum. Talvez este seja o ponto a ser atacado exaustivamente a partir da "contraposição". Detectar os conceitos sobre movimento e criticá-los em todas situações concretas, tentar o princípio de inércia como algo que faça parte do mundo concreto do aluno, e não apenas dos seus cadernos.

O segundo ponto básico para se entender o conceito de peso é a idéia de força à distância. Newton e seus contemporâneos tiveram sérias dores de cabeça para admitir uma força que não fosse de contato, e toda experiência quotidiana, como mostra o questionário está ligada a idéia de força de contato - força física, empurrar coisas e quando saem disso é para abstrações como força mental, etc. o que mostra a dificuldade desta idéia. Portanto a condição inicial para se ensinar a idéia de peso estaria ligada a interiorização concreta de dois elementos:

1. Um corpo em qualquer posição no mundo (inclusive próximo à Terra) só passa a se movimentar se houver uma força (isto exige a explicitação da relatividade de cima, embaixo e não haver nenhuma tendência "natural" para o corpo descer - Aristóteles).

2. A possibilidade de existir força que age à distância. Situado o ponto de partida, o problema seria explicitar como deveria ser o ensino desses dois elementos para diferentes tipos de alunos (ginásio, colégio, universidade).

Situações práticas e abstratas (dependendo da faixa etária) deveriam ser esgotadas caracterizando o princípio da inércia como  $v=cte$ , para quedas, foguetes desligados no vácuo, etc) mas usando a contraposição, ou seja, exibindo o fenômeno, pedindo ao aluno para explicá-lo e contrapor explicações. Um trabalho anterior de relação professor-aluno já deveria existir para que este se sentisse a vontade para dar suas explicações de fato e não coisas decoradas como na escola tradicional, produzidas pela "autoridade" do professor e pela necessidade da nota.

Como se pode ver o método de "contraposição" para ser aplicado exige uma série de condições que não são dadas pelo ensino em geral na medida em que exige uma postura diferente da relação professor-aluno.

A explicitação constante de conceitos de mundo próprios do aluno (é fundamental, a meu ver para "contraposição") exige a superação do conceito de "autoridade" do professor e, o que é mais importante, o aguçamento do espírito crítico do aluno, o que estaria ligado à aprendizagem como um todo.

Dentro dessas condições, dadas as limitações de situação, do presente trabalho o que posso apresentar como programa de ensino seria o ponto de partida básico (sem o qual não adianta prosseguir) e apontar a importância de discutí-lo exaustivo e concreta

mente até sua assimilação real, e aí outros conceitos deveriam ser apresentados.

Valdir Ferreira

Dezembro/1975.

Trabalho para o curso de Instrumentação para o Ensino

1. Trabalho desenvolvido no curso Instrumentação Diurno - 1975 pelos alunos: Benedito Carneiro, Frederico S. Sérgio, Shozo Shirai e Therezinha Coutinho (no 1º semestre participaram José da mião e Marcos Antonio Vazzoler).
2. "O domínio de alguns conceitos em física pelas crianças" - E.A. Fleshner - Educational Psychology - Open University Methven & Co Ltd. - tradução de Benedito Carneiro - Jornal do 363 - nº 4 - 1975.
3. Alexandre Koyré - "Estudos Galileanos" - Valdir Ferreira - "História da Física e Possíveis consequências pedagógicas" - Jornal do 363, nº 3 - 1975.