
O PESO MEDIDO PELA BALANÇA: RUPTURA E CONTINUIDADE NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO

Sonia Krapas-Teixeira
Instituto de Física da UFF
Niterói – RJ
Jesuína L.A. Pacca
Instituto de Física da USP
São Paulo – SP

Resumo

Para diversos autores a mudança conceitual no ensino resulta do enfrentamento de duas teorias em conflito (a do estudante e a científica) com o abandono de uma em favor da outra. Adotando como referência o construtivismo de inspiração piagetiana, entendemos que o processo de mudança conceitual se dá através da reestruturação da velha teoria e não do seu abandono. Isso implica na existência de etapas intermediárias entre as duas teorias em jogo, que revelam em que medida a nova teoria rompe com a antiga e em que medida há continuidade entre elas. Com o presente trabalho mostramos o processo de mudança conceitual associado à construção do conceito de peso medido pela balança.

I. Introdução

A literatura em Ensino de Ciências tem atribuído alguns adjetivos às concepções alternativas: altamente robustas, resistentes ao ensino, ricas, auto-consistentes, penetrantes, obstinadas, persistentes, etc, que por si só já indicam as dificuldades para superá-las. Há pois um caminho árduo a ser percorrido por quem pretenda ir dessas concepções àquelas compartilhadas pela comunidade científica.

Para estabelecer “uma teoria bem articulada que explique e descreva substantivas dimensões do processo pelo qual conceitos organizados e centrais das pessoas mudam de uma série de conceitos para outra série, incompatível com a primeira”, Posner (1982) acredita que a maior fonte de hipóteses é a filosofia da ciência contemporânea. Ele acredita que há analogias entre os padrões de mudança conceitual na ciência e na aprendizagem.

Trazendo à baila autores da filosofia da ciência como Kuhn e Lakatos, que veem, cada um ao seu modo, duas fases distintas da mudança conceitual em ciência (ciência normal e revolucionária para Kuhn e núcleo duro e programa de pesquisa para Lakatos), Posner introduz fases equivalentes para a mudança conceitual na aprendizagem: assimilação e acomodação. Na primeira o estudante usa velhos conceitos para tratar novos fenômenos; na segunda os conceitos existentes são inadequados para absorver novos fenômenos com êxito. Então o estudante precisa

trocar ou reorganizar seus conceitos centrais. Posner faz a ressalva de que vai usar os termos assimilação e acomodação de Piaget, mas isso não significa nenhum compromisso com suas teorias. Seu interesse se concentra no que ele descreve de “espécie de mudança radical”, a acomodação. Sobre ela discorre:

a) sobre que condições um conceito central vem a ser trocado por outro; b) sobre as feições da ecologia conceitual que governa a seleção dos novos conceitos. Rowell (1985) também estudando a questão da mudança conceitual refere-se especificamente ao que chama de conflito e, ao contrário de Posner, revela explicitamente influência da teoria de Piaget nos seus trabalhos. No entanto, o conflito a que se refere está mais coerente com as idéias de Posner do que com as de Piaget. Como Posner, refere-se a filósofos da ciência contemporâneos no que concerne ao fato de que teorias não são descartadas simplesmente com base em informações aparentemente contraditórias. Como Lakatos, ele acredita que “não há falsificação antes da emergência de uma teoria melhor”. Dessa forma, a teoria da equilíbrio de Piaget ganha a seguinte interpretação: “Ela [a teoria da equilíbrio] precisa tentar uma explicação de como ‘melhores’ teorias ‘emergem’, e como elas são julgadas serem ‘melhores’”.

Parece que, como Posner, a mudança conceitual se refere à situação em que duas teorias em conflito se enfrentam (a alternativa e a científica) e o estudante se vê obrigado a julgar qual a melhor e a decidir pela substituição de uma pela outra. Há o abandono de uma teoria em favor da outra.

Adotando como referência a epistemologia piagetiana, parece-nos que o conflito se estabelece quando o estudante tenta assimilar um dado objeto aos seus esquemas e este, por apresentar novidades em suas características, resiste. O conflito, produzido pela novidade é algo que vai servir para reelaboração das ‘teorias’ do sujeito e não seu abandono (Piaget, 1982, p. 191). É bom ressaltar que não estamos falando de uma simples adição ou justaposição, mas sim de uma integração, no sentido de que a velha teoria se reestrutura para receber o novo dado.

Enfocar a mudança conceitual sob este aspecto levanta a questão da continuidade versus ruptura na criação de novas teorias. Ao preferir a acomodação à assimilação, Posner privilegia a ruptura. Numa perspectiva piagetiana a assimilação e a acomodação são indissociáveis. É na tentativa de uma assimilação que ocorre uma acomodação: não há privilégio nem da continuidade nem da ruptura.

O que pretendemos com esse trabalho é mostrar que aquilo que à primeira vista pareceria uma grande ruptura, que é a passagem de uma concepção alternativa para uma concepção newtoniana, pode ser encarado como uma sucessão de etapas que estabelecem uma conexão entre a concepção de partida e a final. Numa perspectiva construtivista de inspiração piagetiana essa sucessão de etapas é explicada levando em consideração o seu duplo aspecto: o da continuidade e o da ruptura. Isto é, ao mesmo tempo que aparece uma novidade, que caracterizaria uma ruptura, há também algo que se conserva. A ‘teoria’ nova, por ser produto de uma reelaboração, apresenta aspectos que rompem com a anterior, mas ao mesmo tempo é possível reconhecer nela traços da anterior. Se pretendermos entender a aprendizagem como uma atividade racional, seria interessante ter em mente as palavras de Piaget (1971, pg 15): Explicar um efeito por um conjunto de condições consideradas como causais equivale a mostrar, por um lado, quais são as transformações que se produziram e, por outro, como a novidade do resultado corresponde a certas transmissões a partir

dos dados iniciais. É exatamente essas transmissões, essas conservações que possibilitam o resgate dos passos intermediários, que permitirão encarar a mudança conceitual no seu duplo aspecto: ruptura e de continuidade.

Para atingir nosso objetivo vamos proceder a um exame do discurso de crianças de diversos níveis de escolaridade acerca do conceito de peso medido pela balança, identificando características que evoluem e regridem as vezes, mas como tendência se integram para construir o conceito em jogo.

O conceito de peso passou por grandes modificações ao longo da história. De uma concepção aristotélica até a newtoniana há uma grande diferença que essencialmente se apóia em concepções mais gerais dos fenômenos e da natureza. Alguns elementos dessas diferentes conceituações são semelhantes aos encontrados nas concepções dos estudantes. Entretanto, neste trabalho não procuramos estabelecer esse paralelo, limitando-nos a análise da evolução do conteúdo que caracteriza o conceito ao longo do nível de escolaridade, que aponta para a questão da mudança conceitual em seu duplo aspecto: ruptura e continuidade.

O conceito de peso tem sido estudado por vários autores que apontam para a sua indissociação com conceitos correlatos tal como massa (Mullet, 1990 e Doménech, 1993), queda livre e gravidade (Bar, 1994 e Galili, 1993). No presente estudo vamos mostrar que o peso se encontra indissociado dos conceitos de pressão e força interna e que essa indissociação passa por uma sucessão hierárquica de fases.

Por outro lado, o entendimento dessa indissociação foi propiciado pelo entendimento de que o peso assume um aspecto dual: um ligado à massa e outro ligado à ação que essa massa é capaz de realizar.

Em (Arcà, 1983), encontramos referências ao aspecto dual do peso. Estudando respostas de estudantes de uma escola elementar italiana, os autores afirmam que toda criança foi convencida da invariância do “peso próprio” a diferentes alturas. Mas, em determinadas situações, elas podem pensar que o efeito de um objeto sobre a balança pode ser diferente se a altura for diferente, “o que pode significar que crianças imaginam que a invariância de uma propriedade (o peso) não envolve a invariância da outra propriedade (o peso medido por uma balança)”.

Em publicações mais recentes não encontramos referências a esse respeito. Em Bar (1994) foram entrevistadas crianças de Jerusalém na faixa de 4 a 13 anos sobre peso e queda livre. Os autores interpretam as respostas de crianças pequenas sobre o aumento do peso de um pedaço de argila quando sua forma muda, pelo fato do peso ser concebido como uma “força de pressão”. Mas acreditam que por volta dos 7-8 anos uma profunda mudança na concepção de peso ocorre e as crianças passam a reconhecer o peso como uma medida da quantidade de matéria contida nele. Devido à faixa etária estudada, a posterior desvinculação entre peso e quantidade de matéria (que levará sujeitos mais velhos novamente a negar a conservação do peso) não aparece nesse estudo. Há somente uma breve ressalva sobre o pensamento de adultos: “Mesmo um adulto que sabe que o peso é conservado, não pode resistir à essa percepção [de que em determinadas posições o peso pressiona mais].”

Mas é nos estudos genéticos desenvolvidos pela escola de Genebra na década de setenta (Piaget e Garcia, 1971, p. 109) [que vem complementar os anteriores sobre a conservação do peso (Piaget e Inhelder, 1962)] que essa dualidade é estudada com bastante detalhe. Mantendo

o termo ambíguo de peso para permanecer fiel ao vocabulário das crianças, os autores introduzem duas entidades “peso-quantidade” e “peso-ação”. A primeira seria uma propriedade do corpo, estreitamente vinculada à massa. A segunda seria a “manifestação de efeitos dinâmicos variados”, tal como a alteração da leitura de uma balança, por exemplo. Vale lembrar que o peso-ação não tem a ver com a ação da terra sobre o corpo, e sim, com a ação do corpo sobre outros corpos em contato, como o prato de uma balança.

II. Organização da pesquisa

Tomamos uma amostra de estudantes pertencentes às quatro últimas séries do primeiro grau e às três séries do segundo grau¹ da rede pública e privada. Preferimos estudar o conceito de peso ao longo do grau de escolaridade, ao invés de ao longo da idade porque entendemos que a construção desse conceito é menos influenciado pela maturação cognitiva do que pela instrução via educação formal, uma vez que constitui assunto tratado nos diversos graus de escolaridade.

A coleta de dados foi feita através de teste escrito, que apresenta versões de diversos tamanhos, compostas tornando-se de 5 a 10 questões das 15 questões apresentadas em anexo. Nos níveis mais baixos de escolaridade utilizamos a versão curta; nos níveis mais altos utilizamos versões mais longas. Com isso pretendíamos adequar o tamanho do teste ao grau de escolaridade. De qualquer forma, foram obtidas cerca de 100 respostas para cada uma das questões do teste para cada grau de escolaridade. O que significa que o número de alunos das séries iniciais que responderam ao teste foi maior que o das séries finais.

Parte das questões foi extraída de outras pesquisas e parte elaborada por nós. As questões 3, 7 e 12 correspondem à situações físicas utilizadas por Arcà (1993); a questão 2, por Piaget e Inhelder (1962); e as questões 8,10 e 14, por Piaget (1973). A partir dos resultados obtidos com essas questões numa fase preliminar da pesquisa, elaboramos as questões restantes de forma a explorar melhor detalhes da concepção espontânea dos estudantes. Basicamente as questões referem-se à balanças dos mais diferentes tipos - doméstica, máquina de Atwood, gangorra e dinamômetro - onde se encontram pessoas ou objetos sendo pesados. As questões solicitam uma previsão (que é feita através de um teste de múltipla escolha) e a respectiva explicação sobre o comportamento da balança quando essas pessoas ou objetos modificam sua posição a partir de uma posição inicial. Essa mudança de posição foi planejada no sentido de dar ênfase à mudança de alguns dois parâmetros físicos: pressão nos pontos de contato com a balança e tensões internas ao corpo. Essa ênfase não era difícil de ser levada em conta uma vez que nossas questões induziam os estudantes a colocarem-se no lugar do corpo que está sobre a balança e não no lugar da balança.

¹ As quatro últimas séries do primeiro grau correspondem às últimas séries da escola elementar (11 a 14 anos) e o segundo grau corresponde à escola secundária (15 a 17 anos).

III. Resultados

Dada a natureza do objetivo do presente trabalho, preferimos tratar os dados e resultados qualitativamente, de forma não estatística. As explicações dos estudantes acerca do que as balanças marcam referem-se ao peso dos corpos. Podemos então estudar as concepções de peso desses estudantes indiretamente, através da análise de conteúdo dessas explicações.

As concepções dos estudantes, como um todo, se diferenciam da concepção newtoniana. Para eles, peso é, assim como formato, massa, cor, uma propriedade que pertence aos corpos, que caracteriza os corpos. É uma força que o corpo possui, é a “força do corpo”. Nas situações que estudamos, essa força se faz presente na superfície de balanças sobre as quais o corpo está apoiado ou nos suportes em que está pendurado.

É importante ressaltar que essa forma de conceber o peso difere obviamente da adotada por alguns livros textos onde o peso é definido como a reação à normal, isto é, a força exercida pelo corpo sobre um suporte ou um pivô (Galili, 1993). A forma mais usual é definir peso como um dos pares das forças de interação gravitacional entre o corpo e a Terra. Em qualquer das duas definições, o conceito de peso comporta mais do que uma ação dependente de propriedades intrínsecas do corpo tal como a massa; é um conceito que evoca, direta ou indiretamente, outro corpo (a Terra). A ação não é **do corpo** como um objeto isolado, mas **sobre o corpo** e sempre aparece aos pares: são ações recíprocas.

Vamos a seguir apresentar a sucessão de níveis pelos quais passa a concepção de peso, sucessão esta que apresenta regressões, que foram entendidas quando admitimos que o peso comporta duas interpretações por parte dos alunos: uma ligada à massa e outra ligada à ação dessa massa (Krapas- Teixeira, 1989).

Primeiro nível

Nas respostas do primeiro nível a concepção de peso se apresenta estreitamente vinculada à concepção de massa. O equilíbrio das balanças é corretamente previsto e explicado pela conservação da massa. O peso é tido como um invariante:

Questão 2: A balança ficará equilibrada “porque terá a mesma massa, sendo assim, o mesmo peso”(1-8)².

Questão 2: A balança ficará equilibrada “porque não tirou massa nem botou massa”(1-5).

Essa identificação entre massa e peso também se mantém mesmo nos casos em que há interação com outros corpos fora da balança: nos casos em que sobre o corpo acoplado à balança é exercida uma força externa. No caso da questão 7 A, por exemplo, a previsão é correta mas a explicação se dá no sentido de considerar a situação como uma diminuição da massa da pessoa:

² O primeiro número indica o grau e o segundo a série que o aluno está cursando.

Questão 7A: A balança marca menos porque “ela [a garota) perde 5 quilos”(1-5).

Segundo nível

Num segundo nível, a vinculação entre massa e peso deixa de ser total uma vez que peso, ao contrário de massa, é ação. Dessa forma podem aparecer respostas surpreendentes: o estudante não abandona a conservação do peso, porque este se encontra vinculado à massa, mas é capaz de imaginar, incorretamente, que pesos iguais agem diferentemente: o peso “pesa mais”, “bota mais peso”, “dá mais peso”.

Questão 5: “Um pendurado no outro dá mais peso, mesmo que seja do mesmo peso “(1-5).

Questão 6: “O peso é igual, mas quando segurado pesa mais” (1-5).

Questão 2: “Os blocos têm o mesmo peso, mas o que está em pé bota mais peso “(1-5).

As respostas acima podem ser entendidas se admitirmos o peso em seus dois aspectos: um que tem a ver com a massa, o outro tem a ver com a ação que essa massa é capaz de fazer. Assim, a conservação do peso tem a ver com a invariância do peso enquanto quantidade de massa, peso-quantidade na nomenclatura piagetiana; enquanto que a não conservação do peso se refere à variação da ação que esse peso é capaz de fazer, peso-ação na linguagem piagetiana.

Enquanto o sujeito se deixa dominar pela idéia de peso ligado estritamente à massa, este é considerado um invariante: massas iguais correspondem a pesos iguais. Há então uma primeira forma de conservação do peso (respostas de primeiro nível). No momento em que ele começa a considerar os efeitos dinâmicos do peso (impostos por situações físicas como as que apresentamos em nosso questionário) este perde sua invariância. Entendemos que a consideração desses efeitos significa um progresso ainda que seja responsável por uma regressão à não conservação do peso. Falamos em regressão porque há um nível anterior ao nosso primeiro nível no qual o peso não é identificado com a massa e portanto não admite nenhuma forma de conservação. Essa fase da construção do conceito foi ampla e detalhadamente explorada por Piaget e Inhelder (1962).

Mas de que forma esses efeitos dinâmicos se manifestam? As explicações dadas às nossas questões utilizam-se de argumentos que apontam direções de natureza distintas: uma delas tem a ver com a **pressão** e a outra com as **forças internas**.

Desde a fase preliminar da presente pesquisa, quando ainda desconhecíamos os resultados de Genebra, tínhamos detectado fontes de tais manifestações. Quando na situação física proposta para os estudantes há variação da pressão nos pontos de apoio do corpo devido à uma variação desses pontos (tal como nas questões 1,2,5,6, 10 e 14) dois tipos de explicações incorretas ocorrem: uma que se orienta pela quantidade de pontos de apoio responsáveis pela força que o peso faz; a outra se orienta pela concentração dessa força nos pontos de apoio. Na primeira explicação, ao se retirar (ou acrescentar) um ponto de apoio, retira-se (ou acrescenta-se) força sobre a balança e, portanto, o peso será concebido menor (ou maior):

Questão 2: A balança abaixará do lado da salsicha porque “é maior a superfície de contato”(2-3).

Questão 1: A gangorra descera “porque quando o garoto levanta a perna tira um pouco da força que atuará na gangorra”(2-2).

No caso em que o sujeito se orienta pela concentração da força, o que é levado em conta é a sobrecarga (ou alívio) nos pontos de apoio: quanto menor (ou maior) a área de contato, maior a concentração da força que o peso faz e, portanto, maior (ou menor) o peso. Exemplo:

Questão 1: A gangorra descera “porque o peso do garoto ficará mais concentrado no pé que está na gangorra, fazendo seu peso aumentar”(1-7).

Questão 10: A balança descera do lado da régua que está em pé “porque o peso está mais concentrado”(1-8).

Outra fonte das manifestações dos efeitos dinâmicos do peso está ligada à intuições do conceito de força interna. O peso de um corpo é incorretamente visto como variando em função da variação das forças internas à esse corpo. Como as forças internas aparecem aos pares, algumas vezes o que chama a atenção do sujeito é a força que tem o sentido do peso, e portanto, a leitura na balança aumentará:

Questão 4: A mola esticará mais “porque o elástico para suportar B e C irá exercer uma força maior na mola”(2-3).

Questão 5: A mola esticará mais porque “o garoto de cima faz uma força maior que antes, pois tem que segurar a si e ao outro”(2-3).

Outras vezes o que chama a atenção é a força que tem sentido contrário ao peso e, portanto, a leitura na balança diminuirá:

Questão 5: “Um debaixo do outro esticará menos porque o garoto de cima faz força para cima”(2-3).

Essa concepção guarda certa semelhança com a noção de *supply of force* introduzida por Viennot (1979). Enquanto esta última é utilizada para explicar o movimento na ausência de forças externas, no nosso caso a força interna é utilizada para explicar um suposto e incorreto aumento na leitura da balança na ausência de forças externas ao sistema corpo-balança.

Terceiro nível

As respostas do segundo nível revelam a presença de intuições do conceito de pressão e força interna, indicando assim o caminho para se chegar a esse conceito. Começemos

pela pressão. Enquanto no segundo nível pressão e superfície são focalizadas isoladamente, no terceiro nível elas são corretamente compensadas de tal forma que uma variação nesta última implica, ao mesmo tempo, numa variação da primeira: a ação do peso pode se distribuir ora numa área menor, ora numa área maior, sem contudo alterar seu valor:

Questão 1: A balança continuará em equilíbrio “porque o peso que estava dividido entre os dois pés se concentra no pé que está no chão”(1-2).

Questão 5: Estica o mesmo tanto “porque a força peso, no segundo caso, foi apenas decomposta, não havendo modificação do peso”(2-3).

O peso se encontra então diferenciado da pressão e é atingida uma segunda espécie de invariância do peso, seguramente mais elaborada que a primeira.

Para lidar com a fonte de dinamismo do peso relativa à força interna o que importa, do ponto de vista da mecânica newtoniana, é saber se as forças “vêm” de fora, isto é, forças externas ao sistema corpo-balança, ou se elas “vêm” de dentro, isto é, forças internas. Se a força for externa, a balança tem a sua leitura modificada; se a força for interna, tudo se conservaria como antes. Isso acontece na medida em que ocorre a discriminação entre forças internas ao objeto e forças externas a ele, inclusive com a explicitação do conceito de sistema³:

Questão 3: “Como não há força externa ao sistema, o peso do garoto mais a balança continua o mesmo” (2-1).

Questão 3: “Ainda marcará 40 quilos, pois o sistema está isolado, não atuando forças externas” (2-3).

O peso se encontra então corretamente diferenciado da força interna. Tal como no caso da pressão, é atingida uma segunda espécie de invariância do peso mais elaborada que a primeira.

IV. Discussão

Vamos apresentar uma discussão dos resultados no sentido de interpretar a sucessão hierárquica de níveis de representação mental pelos quais passa a construção do conceito de peso do ponto de vista dos aspectos complementares da mudança conceitual: continuidade e ruptura. Além disso, vamos apontar para a indissociação entre esse duplo aspecto da mudança conceitual e a ampliação do domínio das explicações sobre o mundo físico.

Ruptura e continuidade na mudança conceitual

³ Esse é um tipo de raciocínio escolarizado. Entretanto, sua utilização numa situação da vida cotidiana, como é o caso do uso de balanças, mostra que se trata de um raciocínio profundamente arraigado no sistema cognitivo do estudante.

Na passagem do primeiro para o segundo nível a previsão mostra claramente uma ruptura: o peso que era considerado uma invariante passa a depender de fatores tais como o número de pontos de apoio do corpo acoplado à balança ou esforço muscular, no caso do corpo humano. O que mostramos, no entanto, é que apesar da nova invariância ocorrer pela consideração de aspectos antes desprezados, há por trás dela a mesma idéia de conservação presente no nível anterior.

Ainda que a nova concepção rompa com a antiga, no sentido de que efeitos dinâmicos do peso são agora levados em conta, ao mesmo tempo ela apresenta um aspecto que assegura a sua continuidade em relação à anterior: a conservação do peso-quantidade.

Na passagem do segundo para o terceiro nível novamente a ruptura se dá ao nível da previsão: o peso volta a ser considerado um invariante. Que tipo de continuidade existe? Entendemos que os efeitos dinâmicos que definem as respostas do segundo nível preparam, anunciam as respostas do terceiro nível. Nesse nível esses efeitos são levados em consideração, mas desta feita de uma forma compensatória. A focalização na pressão ou nas forças internas como elementos essenciais para compreender o peso depende, além da questão particular, do próprio indivíduo que resolve o problema; essas duas linhas de desenvolvimento mostram uma continuidade quando observadas no detalhe, enquanto preparam uma concepção nova que posta em uso na resolução de problemas se apresenta, para o observador externo, como ruptura conceitual.

Ampliação do domínio do sistema explicativo

Quando uma teoria se reestrutura pela imposição de um dado novo, com as rupturas e continuidades inerentes a esta reestruturação, a nova teoria que surge tem o seu domínio de aplicação ampliado. A teoria remodelada investe sobre novos observáveis e ocorre uma ampliação e enriquecimento do sistema explicativo. Na sucessão de etapas que apresentamos, podemos observar o abandono progressivo de explicações com predomínio das características locais e particulares do objeto em favor de explicações mais amplas.

A passagem do primeiro nível para o segundo é um exemplo disso: parte da consideração de aspectos internos ao objeto (massa) para aspectos da interação desse objeto com outros, no nosso caso a balança. Há um aumento da objetividade nas explicações dadas pelos estudantes, na medida em que aparece a discriminação entre peso e pressão e entre forças internas ao objeto e forças externas a ele.

Constatamos na sucessão de etapas a passagem de uma forma de conservação (ligada à massa) para outra forma de conservação (na qual o peso se diferencia da pressão e da força interna), passando por uma fase em que o peso não se conserva. Entendemos que a segunda forma de conservação pertence a um nível hierárquico de explicação mais alto. Isso porque a segunda forma de conservação dá conta de perturbações que nem sequer haviam sido levantadas na primeira. Enquanto na primeira forma de conservação a explicação se reduz ao âmbito do objeto em questão, por ocasião da segunda forma de conservação o sujeito dá conta de fatores externos ao objeto. No caso da pressão, ele tem que dar conta da área de contato do corpo sobre a

balança. No caso da força interna ele tem que dar conta das interações do corpo com outros corpos além da balança.

A mudança conceitual das explicações do terceiro nível para uma formulação newtoniana também pode ser entendida dentro do mesmo prisma. Basicamente, a mudança conceitual consiste na passagem da conceituação do peso como uma ação-propriedade do corpo a uma interação entre dois corpos. Trata-se novamente da passagem de uma explicação local e particular para uma explicação geral que pode dar conta não só das situações envolvendo balanças tal como as que estamos utilizando, como também do movimento dos satélites, do movimento das marés, da precessão dos equinócios, etc.

Para Piaget e Garcia (1982) seria a passagem do **intra**-objetal, que se refere a análise dos objetos, ao **trans**-objetal, que se refere a uma transcendência em relação ao objeto, uma vez que há uma ampliação do domínio da explicação a outros objetos. Numa perspectiva construtivista, essa passagem se dá através de uma explicação que os autores denominam de **inter**-objetal. É interessante observar que se do ponto de vista da constituição do objeto científico ocorre uma ampliação e enriquecimento dos sistemas explicativos, do ponto de vista do sujeito da aprendizagem há um movimento no sentido da diminuição do egocentrismo, isto é, da descentração, da saída de dentro do objeto na direção de intercâmbios com o exterior.

V. Conclusões e implicações didáticas

A partir do momento em que uma criança começa a interagir com o mundo físico, a construção do conceito de peso passa por fases ou níveis que começam por um conhecer sensorio motor; na faixa etária que trabalhamos e diante dos fenômenos considerados em particular, essa construção prossegue com progressiva troca entre a atividade do corpo (acoplado à balança) e o agente externo. Isto é, ao mesmo tempo que o corpo vai perdendo seu papel ativo de fonte de ação, o agente externo vai de um estado de atividade nula até se constituir num perfeito agente de mudança da ação do corpo: a atividade do peso depende unicamente de sua massa e só pode ser modificada quando um agente externo atua sobre ela.

A chave para se compreender as características que a noção de peso assume durante sua evolução está, talvez, na sua origem. O fato de estarmos presos a um campo gravitacional nos obriga, desde cedo, a uma série de adaptações motoras, por exemplo, quando a criança aprende a se equilibrar. Antes de qualquer conceituação a criança possui um saber motor sobre do peso. Promovido ao plano das representações, esse saber se faz presente nas sucessivas etapas da construção do conceito de peso: peso continua sendo a força que o corpo faz sobre a balança.

O processo de ampliação do sistema interpretativo revela que tais sistemas não são fechados, na medida em que há sempre a possibilidade de redimensioná-los. Esse redimensionamento se dá sempre no sentido de um enriquecimento desses sistemas, que resultam numa sucessão de níveis dentro de uma ordem hierárquica.

Dessa forma a mudança conceitual, assim como para Posner, vai de uma teoria mais simples para uma teoria mais poderosa. Mas, ao contrário de Posner, não necessitamos pensar que essa mudança ocorra abruptamente; um conceito científico é alcançado através de aproximações sucessivas e majorantes. Numa linguagem piagetiana (Piaget, 1975), o conflito perturba um

estado de equilíbrio do sistema cognitivo. Este sistema reage a essa perturbação, através de compensações, e atinge um outro estado de equilíbrio melhor que o anterior.

Os resultados e conclusões a que chegamos permitem tirar algumas implicações para o ensino. Uma maneira rotineira de ensinar o conceito de peso é através de procedimentos de medição. A esse respeito, Halbwachs e Bovet (1980) chamam a atenção para o fato de que antes de ser capaz de trabalhar com a quantificação métrica, intrínseca aos processos de medição, a criança compreende uma noção sob a forma pré-métrica, quer dizer, não como grandeza estritamente definida e determinável sob forma numérica, mas como uma intuição já sob forma operatória, uma vez que admite as propriedades de identidade, conservação, aditividade e ordenação.

As questões que utilizamos para obtenção dos nossos dados, por se tratar de situações extremamente familiares mesmo ao estudante de primeiro grau, sugerem situações interessantes para abordar de forma qualitativa o conceito de peso e seus correlatos, pressão e força interna.

Uma outra contribuição ao ensino tem a ver com a regressão. Ela levanta a possibilidade de que previsões incorretas podem significar um progresso no sistema interpretativo do estudante. O professor não deve, portanto, encarar com desânimo uma resposta que signifique uma regressão, porque muitas vezes essa regressão é aparente. Da mesma forma, nem sempre uma previsão correta significa uma compreensão mais profunda do fenômeno. Dessa forma, as questões do tipo que utilizamos podem ser encaradas como verdadeiros "achados" no sentido da detecção e tratamento das concepções alternativas nas intervenções instrucionais.

É importante que o professor saiba que certas questões mais do que outras possuem uma capacidade de desencadear conflitos, produzir regressões. Por exemplo, a questão de número 3 é a mais expressiva a esse respeito e a questão 10 a menos expressiva, mostrando que o contexto é essencial no desencadear de respostas significativas (Krapas-Teixeira, 1989).

Naturalmente que uma concepção mais abrangente e geral acerca do peso deve prever outras situações problemas, tal como a queda dos corpos, por exemplo. Nossas questões são limitadas a casos estáticos o que impede a obtenção de informações a cerca da interação do peso com a Terra.

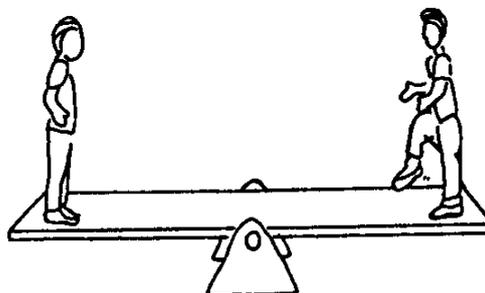
VI. Referências Bibliográficas

1. ARCÀ, M.; D'ANGIOLINO, L; GUIDONI, P. e MANZI, A. "Understanding "force" at primary-school level". Texto distribuído por ocasião da **International Summer Workshop: Research on Physics Education**. La Londe les Maures, 1983.
2. BAR, V.; ZINN, B. e GOLDMUNTZ, R. "Children' concepts about weight and free fall". **Science Education**, vol. 78, n. 2, 1994.
3. DOMÉNECH, A. e DOMÉNECH, M.T. "The classical concept of mass: theoretical difficulties and students' definitions. **International Journal in Science Education**, vol. 15, n° 2, 1993.

4. GALILI, I. Weight and gravity: teachers' ambiguity and student's confusion about the concepts. **International Journal of Science Education**, vol. 15, n. 2, 1993.
5. HALBWACHS, F. e BOVET, M. "Le poids et la masse en classe de sixième". **Revue Française de Pédagogie**, n. 53, 1980.
6. KRAPAS-TEIXEIRA, S. **A atribuição de causalidade na construção do conceito de peso**. Tese de doutoramento, Faculdade de Educação da USP, 1989.
7. MULLET, E. e GERVAIS, H. "Distinction between the concepts of weight and mass in high school students". **International Journal of Science Education**, vol. 12, n. 2, 1990.
8. PIAGET, J. e INHELDER, B. **O Desenvolvimento das Quantidades Físicas na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar Editores/MEC, 1975. Edição original: **Le Développement des Quantités Physiques chez l'Enfant**. Conservation et Atomisme. Neuchâtel: Deachaux et Niestlé, 1962
9. PIAGET, J. e GARCIA, R. **Las Explicaciones Causales**. Barcelona: Barral Editores, 1971.
10. PIAGET, J. e ROBERT, M. "La aditividad de las fuerzas en direcciones opuestas". Em: **La Composición de las Fuerzas y el Problema de los Vectores**. Madrid: Ediciones Morata, 1975. Edição original: **La Composition des Forces et le Problème des Vecteurs**. Paris: Presses Universitaires de France, 1973.
11. PIAGET, J. **O Desenvolvimento do Pensamento - Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1977. Edição original: **L'Équilibration des Structures Cognitives - Problème Central du Développement**. Paris: Presses Universitaires de France, 1975.
12. PIAGET, J. e GARCIA, R. **Psicogênese e História de la Ciência**. México: Siglo Veintiuno Editores, 1982.
13. POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W. e GERTZOG, W.A. "Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change". **Science Education**, vol. 66, n.2, 1982.
14. ROWELL, J.A. e DAWSON, C.J. "Equilibration, conflict and instruction: a new class-oriented perspective". **European Journal in Science Education**, vol. 7, n. 4, 1985.
15. VIENNOT, L. "Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics". **European Journal of Science Education**, vol. 1, n. 2, 1979.

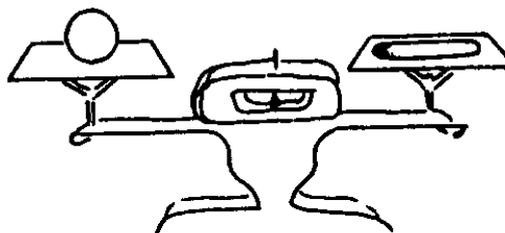
ANEXO: QUESTÕES UTILIZADAS NA PESQUISA

QUESTÃO 1 - Dois garotos de mesmo peso estão em pé em uma gangorra, mantendo-a em equilíbrio. Se um deles se apoiar num pé só, permanecendo no mesmo lugar, você acha que a gangorra, tal como mostra a figura, continuará em equilíbrio ou descerá num dos lados? Por quê?



- descerá do lado do garoto que não levantou a perna.
- continuará em equilíbrio.
- descerá do lado do garoto que levantou a perna.

QUESTÃO 2 - Suponha duas bolas de massa de modelar de mesmo peso. Se transformarmos uma delas em uma salsicha e colocarmos uma em cada um dos pratos de uma balança, você acha que a balança ficará equilibrada tal como mostra a figura, ou penderá para um dos lados? Por quê?



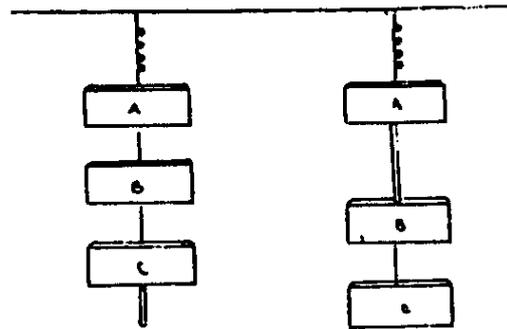
- abaixará do lado da bola.
- ficará equilibrada.
- abaixará do lado da salsicha.

QUESTÃO 3 -Um garoto juntamente com uma bengala se encontra em cima de uma balança. A balança marca 40 quilos. Então, o garoto empurra fortemente a bengala contra a balança, como mostra a figura. A balança marcará mais, menos ou ainda 40 quilos? Por quê?



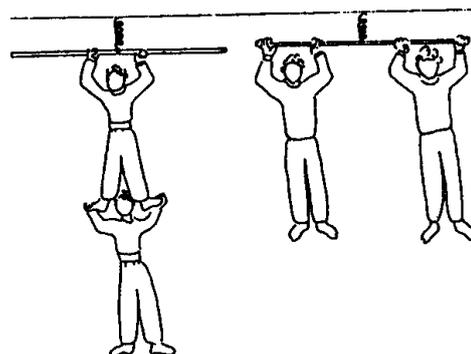
- menos que 40 quilos.
- igual a 40 quilos.
- mais que 40 quilos.

QUESTÃO 4 - Na figura temos uma mola presa ao teto. A mola se estica ao se pendurar nela 3 bloquinhos iguais A, B e C e um pequeno elástico, preso ao bloco C. Se agora colocarmos o elástico entre os blocos A e B, você acha que a mola vai esticar, tal como mostra a figura, o mesmo tanto que esticava antes? Ou ela esticará mais? Ou menos? Por quê?



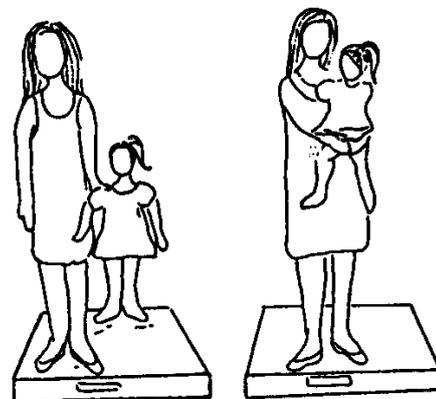
- menos que antes.
- o mesmo tanto que antes.
- mais que antes.

QUESTÃO 5 -Dois garotos se encontram pendurados em uma mola de duas formas distintas: um do lado do outro e um debaixo do outro. Você acha que a mola vai se esticar, tal como mostra a figura, o mesmo tanto? Ou vai se esticar mais em um dos casos? Por quê?



- estica mais quando estão um do lado do outro.
- estica o mesmo tanto nos dois casos.
- estica mais quando estão um debaixo do outro.

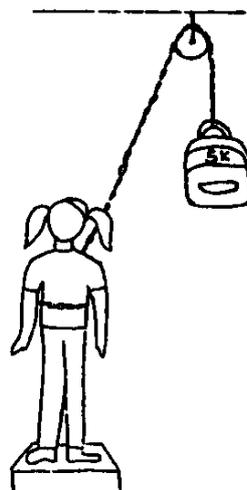
QUESTÃO 6 -Uma criança juntamente com sua mãe se encontram sobre uma balança que marca 70 kilos. Se a mãe colocar a criança no seu colo o que você acha que a balança marcará? Por quê?



- menos que 70 kilos.
- igual a 70 kilos.
- mais que 70 kilos.

QUESTÃO 7A -Uma garota pesa 39 quilos. Imagine uma corda que se prende à cintura da garota, passe por uma polia e que sustente na outra extremidade uma sacola que pesa 5 quilos. O que você acha que vai marcar a balança sobre a qual a garota está? Por quê?

- menos que 39 quilos.
- igual a 39 quilos.
- mais que 39 quilos.



QUESTÃO 7B - A mesma garota da questão anterior agora segura a corda. O que você acha que vai marcar a balança sobre a qual a garota está? Por quê?

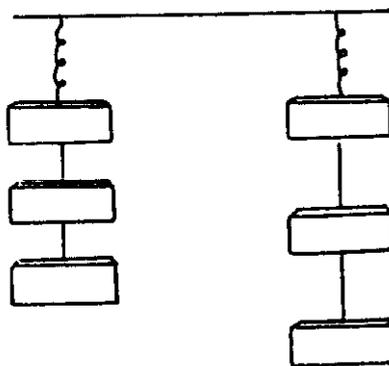
- menos que 39 quilos.
- igual a 39 quilos.
- mais que 39 quilos.



QUESTÃO 7C - Em relação às duas questões anteriores você pode afirmar que a balança da questão A marca:

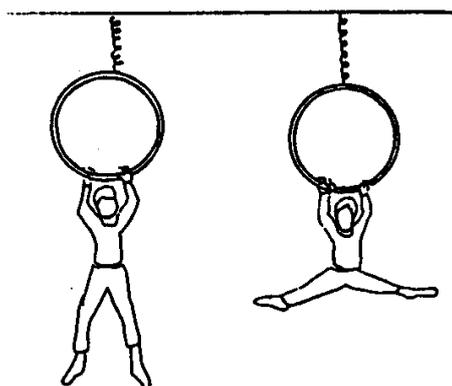
- menos que a da questão B.
- igual a da questão B.
- mais que a da questão B.

QUESTÃO 8 - Na figura temos uma mola que se encontra esticada devido a 3 bloquinhos que se prendem a ela. Os bloquinhos estão presos entre si através de fios. Se aumentarmos o comprimento dos fios, você acredita que a mola continuará esticando o mesmo tanto, tal como mostra a figura, aumentará ou diminuirá? Por quê? Considere os fios sem peso.



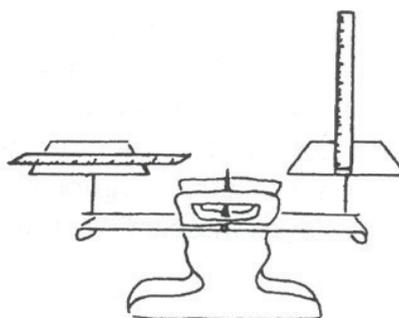
- diminuirá.
- esticará o mesmo tanto.
- aumentará.

QUESTÃO 9 - Uma ginasta se pendura em uma argola que está presa ao teto através de uma mola. Ela muda de posição permanecendo com as pernas para cima. Você acredita que, tal como mostra a figura, a mola continua esticando o mesmo tanto? Ou ela esticará mais? Ou menos? Por quê?



- menos que antes.
- o mesmo que antes.
- mais que antes.

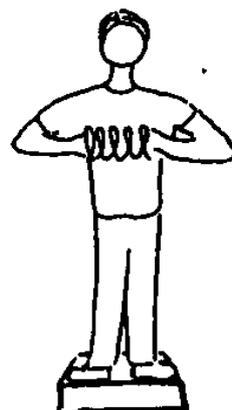
QUESTÃO 10 - Você acha que a balança ficará equilibrada, tal como mostra a figura, se colocarmos 2 réguas idênticas uma em cada prato da balança, sendo que uma régua em pé e a outra deitada? Por quê?



- a balança descerá do lado da régua deitada.
- a balança ficará equilibrada.
- a balança descerá do lado da régua em pé.

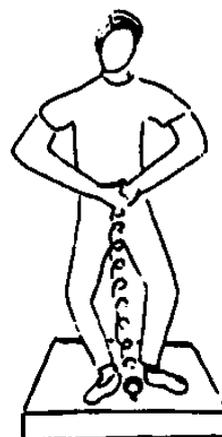
QUESTÃO 11A - Um garoto segurando uma mola está sobre uma balança que marca 50 kilos. Se o garoto comprimir a mola, tal como mostra a figura, o que você acha que a balança vai marcar agora? Por quê?

- menos que 50 kilos.
- igual a 50 kilos.
- mais que 50 kilos.



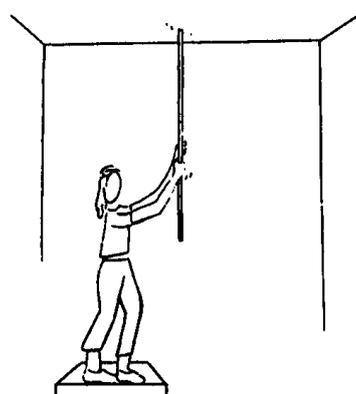
QUESTÃO 11B - O mesmo garoto da questão anterior agora estica a mola que se encontra presa à balança. O que você acha que a balança vai marcar agora? Por quê?

- menos que 50 kilos.
- igual a 50 kilos.
- mais que 50 kilos.



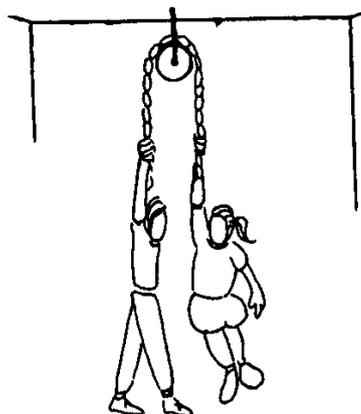
QUESTÃO 12 - Uma garota juntamente com uma bengala se encontra em cima de uma balança. A balança marca 40 kilos. Então, a garota empurra fortemente a bengala contra o teto, como mostra a figura. O que você acha que a balança marcará? Por quê?

- menos que 40 kilos.
- igual a 40 kilos.
- mais que 40 kilos.



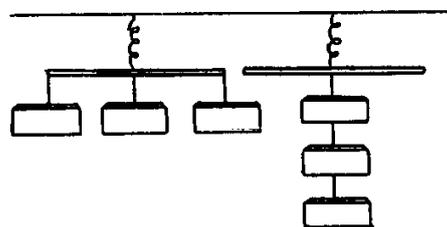
QUESTÃO 13 - A garota da figura pesa 40 kilos. O garoto também pesa 40 kilos, mas ele é um atleta. Você acha que o garoto é capaz de fazer com que a garota suba? Por quê?

- Sim Não



QUESTÃO 14 - Três bloquinhos estão pendurados em uma mola de duas formas distintas: um do lado do outro e um debaixo do outro. Você acha que a mola vai esticar, tal como mostra a figura, o mesmo tanto? Ou vai se esticar mais em um dos casos? Por quê?

- estica mais com os blocos um do lado do outro.
 estica igualmente.
 estica mais com os blocos um debaixo do outro.



QUESTÃO 15 A/B - Um garoto segurando uma bengala se encontra em cima de uma balança que por sua vez encontra-se em cima de outra balança, tal como mostra a figura. A balança de cima marca 40 kilos e a debaixo marca 50 kilos. Então, o garoto empurra fortemente a bengala contra a balança inferior. Agora, o que você acha que as balanças vão marcar? Por quê?

A balança superior marca:

- menos que 40 kilos.
 igual a 40 kilos.
 mais que 40 kilos.

A balança inferior marca:

- menos que 50 kilos.
 igual a 50 kilos.
 mais que 50 kilos.

