

MODELOS MENTAIS E SUBJETIVIDADE NA APRENDIZAGEM DE FÍSICA
VILLANI, Alberto – USP
CARVALHO, Lizete Orquiza de – UNESP
GT: Educação Matemática
Agência Financiadora: CNPq

Introdução

Na década de noventa vários pesquisadores começaram a orientar suas pesquisas na tentativa de individuar, com maiores detalhes, o conjunto de esquemas utilizados pelos alunos em suas explicações referentes aos fenômenos objetos das ciências. Um dos resultados foi a diferenciação entre Concepções Estáveis, que dominariam o processo de assimilação e que poderiam ser ampliados e modificados com dificuldades, e Modelos Mentais (Greca & Moreira, 2002), objetos provisórios e facilmente modificáveis, construídos pelos alunos ao se defrontarem com situações problemáticas. Nesta perspectiva a produção de esquemas e concepções estáveis seria o resultado final de várias tentativas parciais e recursivas de dar conta de situações novas mediante instrumentos provisórios. Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos na tentativa de localizar e, possivelmente, influenciar a produção de modelos mentais de forma a facilitar a produção de concepções estáveis mais coerentes com os conceitos científicos.

Um dos pontos que têm sido pouco estudados é a relação entre o processo de aprendizagem e as condições subjetivas do aprendiz. Em particular, se adotarmos a hipótese de que as diferenças individuais e de contexto devem ter um papel importante quando se deve explicar o desenvolvimento do processo de produção de modelos mentais, parece interessante levantar e aprofundar também às condições subjetivas de elaboração dos mesmos por parte dos aprendizes; com isso, deveriam aumentar as possibilidades de influenciar os processos no sentido de aproximar as concepções dos estudantes aos conceitos científicos, pois elas, às vezes, parecem depender de maneira fundamental das relações entre o aprendiz, o docente e o conhecimento em jogo.

Neste trabalho analisaremos um exemplo de enfrentamento de conflitos por parte de um aluno do Ensino Médio, procurando mostrar como as condições subjetivas e a relação com o conhecimento e com a professora-entrevistadora jogaram um papel importante no desenvolvimento do processo de busca e na conseqüente produção de modelos mentais. Simultaneamente apontaremos como a própria intervenção da professora foi ressonante ou dissonante com essas condições.

A Pesquisa

A análise refere-se a uma pequena parte dos dados de uma pesquisa constituída por uma série de entrevistas com vários estudantes, sobre choques em mecânica¹. A interação didática, que se realizava através de entrevista individual de duração entre 60 e 90 minutos, era estruturada de maneira a garantir a possibilidade de levantar as ideias dos estudantes e simultaneamente favorecer sua evolução. A entrevistadora interagiu de vários modos com o estudante com a finalidade de clarear suas idéias, desenvolve-las e, possivelmente, iniciar um confronto com a visão disciplinar: mostrava experimentos simples ou convidava o aluno a realizá-los, pedia previsões e, possivelmente, explicações sobre os resultados, discutia as respostas, dava sugestões e, às vezes, pedia ao estudante para fazer perguntas às quais respondia mais ou menos brevemente. Em síntese, de alguma maneira procurava influenciar a elaboração de modelos mentais por parte dos alunos, orientando-os com questões ou informações que os tornassem mais coerentes, mais abrangentes e, finalmente, mais próximos dos modelos conceituais da Mecânica.

O Aluno

PA tinha quinze anos e freqüentava o primeiro ano do Ensino Médio numa escola particular. Seus pais tinham nível escolar universitário. Tinha acabado de estudar as Leis de Newton, mas não os Princípios de Conservação da Mecânica. Já havia observado na sala de aula alguns dos experimentos apresentados na entrevista. Tinha capacidade e cultura escolar suficiente – principalmente bom conhecimento em matemática – para entender com facilidade o que a professora falava: veremos que usava isso tanto para se proteger do real envolvimento nas questões, quanto para desenvolver seus próprios raciocínios com coerência e continuidade. No início PA manifestou o anseio de "fazer um bom papel", provavelmente preocupado em não decepcionar o pai que era colega da entrevistadora. Nas entrevistas analisadas e nas seguintes apareceram de maneira significativa, por um lado, a dificuldade continuada que a entrevistadora teve em entender sua maneira de pensar e, conseqüentemente, em ajudá-lo no desenvolvimento de seu raciocínio e, por outro lado, também a dificuldade

¹ Foram utilizados vários aparelhos: neste trabalho utilizaremos os choques de tipo **p** com pendulos, os de tipo **c** numa canaleta, sem rotação das bolas, os de tipo **r** na canaleta, com bolas rolando.

O índice **1** significa bolas iguais e alvo em repouso, **2** refere-se a bolas iguais com mesma velocidade, **3** refere-se a bolas iguais com velocidades diferentes, **4** significa alvo em repouso maior que o projétil, **5** alvo em repouso menor que o projétil e **6** refere-se a choques múltiplos.

de PA fazer previsões corretas para os experimentos apresentados. Entretanto seu receio em "pensar errado" diante de outra pessoa foi diminuindo ao longo das entrevistas.

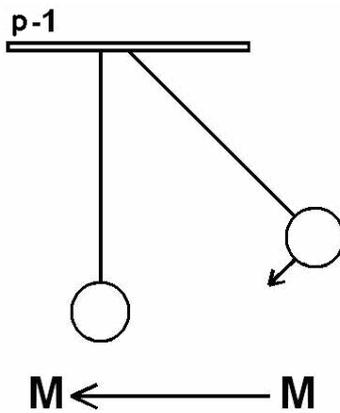
O Referencial Teórico.

Para analisar as seqüências das entrevistas adotaremos um esquema com quatro elementos fundamentais: de um lado os diferentes modelos mentais e conceituais evocados pela entrevistadora e pelo aluno e, de outro lado, os desejos implícitos de entrevistadora e aluno em relação a estes mesmos modelos. As relações da entrevistadora com seus modelos serão explicitados a partir dos **quatro discursos** de Lacan (Fink, 1998). As relações do aluno com seus modelos serão interpretadas a partir de suas relações o conhecimento científico.

Discursos do Inconsciente. O professor pode se identificar com quatro discursos inconscientes, que regulam implicitamente sua maneira de interagir com os alunos. O discurso do *Mestre* é caracterizado por uma relação de domínio do professor sobre o conhecimento em jogo, nas vertentes científica ou pedagógica. Ele não presta conta a Outro, nem há possibilidade de contestação por parte dos alunos. Sua posição é de **autoridade**. Também há pouco espaço para escuta. O discurso da *Universidade*, quando adotado pelo professor, o coloca como mediador entre o aluno e algum tipo de conhecimento produzido pelos especialistas. O professor, na perspectiva desse conhecimento, desempenha o papel de **guardião** para que a verdade do Outro (no caso a Didática ou a Ciência) torne-se a lei do aluno. O discurso da *Histérica* é caracterizado pela **insatisfação** do professor em relação à situação atual e por sua tendência à provocação contínua no campo científico ou dialógico para uma aproximação a um ideal. Podemos identificar esta posição como a de um **provocador**. Finalmente, o discurso do *Analista*, quando aplicado ao ensino, é caracterizado pelo abandono da idéia de controle da aprendizagem pelo professor e por sua procura em favorecer a escolha de uma aprendizagem autônoma por parte do aluno. Podemos identificar sua posição como a de um **assessor** disponível para orientar os alunos em suas iniciativas.

Os Eventos

No início da entrevista as questões foram feitas a partir de **p-1**.



E-Eu vou levantar essa bolinha aqui (de 100 gramas)...o que vai acontecer se soltar (contra o alvo de mesma massa)?

PA*A outra vai para o mesmo lado... (vai) se movimentar. Essa, acho que vai ficar parada.

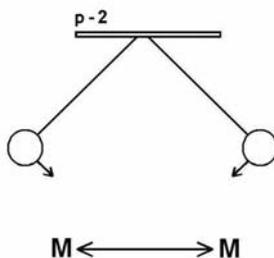
E-Por que você acha isso?

PA*Porque eu já vi... na escola. A professora estava explicando o princípio de ação e reação.

E-Da para falar mais um pouquinho nisso?

PA*Ah, é uma força ... que age sobre qualquer corpo, assim. E recebe uma reação... No caso alí, a ação da bolinha que você soltou é maior do que a reação da outra em ficar parada, em se manter parada.

A entrevistadora não entendeu muito bem a explicação, mas não insistiu no assunto. Começou a explicitar uma das regras da entrevista, de que para entender o pensamento de PA ela não o corrigiria. Em seguida apresentou o assunto colisões e acenou ao princípio de conservação da energia, ambos desconhecidos de PA. A entrevistadora apresentou em seguida o experimento **p-2**.



E-Se eu solto as duas bolas (do pêndulo) da mesma altura o que vai acontecer?

PA*Acho que elas vão ficar paradas. Batem e ficam paradas.

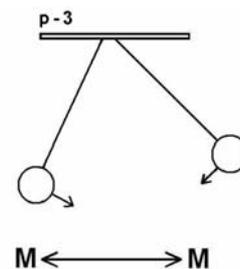
E-Por que?

PA*Ah, porque... [E- Se não tiver o porquê tudo bem, não estou forçando nada.]

PA* Não sei.

Entrevistadora e PA falaram ao mesmo tempo. PA tinha começado a responder, mas aproveitou da sugestão da entrevistadora para recuar da explicação. Parece que não queria se expor: provavelmente, para ele, agradar a professora significava 'não errar'. Em seguida realizou o experimento e observou que o resultado não coincidiu com a previsão. Não entendeu porque no caso anterior (**p-1**) a bola (incidente) parou na hora que bateu na outra que estava parada e neste caso o mesmo não aconteceu. Comentou que viu **p-2** como a superposição de dois **p-1**.

Em seguida, a entrevistadora pediu uma previsão sobre o experimento **p-3**, com as bolas soltas de alturas diferentes. PA previu que uma sairia mais alta do que a outra, mas não explicou qual e logo realizou o experimento. Talvez tenha ficado ansioso para ver o resultado



A entrevistadora pediu para PA explicar a diferença entre os resultados de **p-2** e **p-3** utilizando os conceitos físicos. PA acenou para o peso, depois para intensidade com que as bolas agiam.

E-Então... A que está mais alta vai chegar com maior velocidade e vai sair com menor?

PA*Vai sair com menor,... porque a outra vai ser mais baixa, menos alta... Acho que a intensidade dela, da menos alta, que vai agir sobre a outra, vai ser menor... Então a que estava mais alta vai subir menos

A entrevistadora resumiu o pensamento de PA sugerindo que a bola com maior velocidade agiria mais na outra determinando a altura por ela atingida. Em seguida voltou ao experimento **p-1**

E-Como ficaria nesse caso ação e reação?

PA*Ação é que essa (ergue uma das bolas do pêndulo) ta agindo sobre essa. E a reação dela, de ficar parada (mostra a outra bola que estava inicialmente parada) é menor... Então . A ação da bola que está chegando é maior do que a reação desta bolinha de ficar parada... reação é a força contrária ao movimento... ao corpo que está chegando.

E-(A bola alvo) vai ficar parada depois?

PA* Não, a ação vai ser maior que a reação.

Nesse trecho fica mais claro que para PA, tanto a ação como a reação eram consideradas ações sobre o alvo, sendo a reação exercida pelo próprio alvo, que tendia a ficar parado sem conseguir, pois a ação da incidente era maior. Porém a entrevistadora continuou a ter dificuldade em entender.

E-Essa daqui você falou que vai agir nessa... Essa daqui (o alvo), vai reagir.Como é essa reação? O que é essa reação?

PA* Uma força negativa em relação a essa daqui (incidente)

E-Essa (o alvo) vai fazer ...força nessa (incidente) ?

PA*E'. Porque acho que essa (alvo) tem tendência de ficar parada....

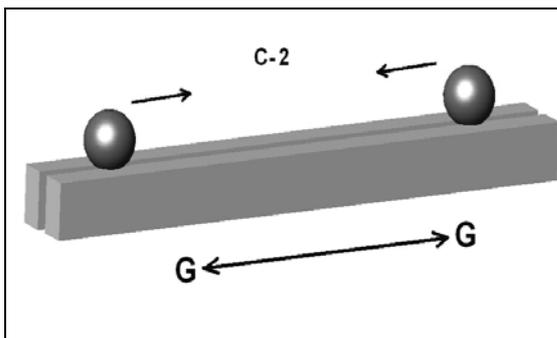
E-Essa tendência de ficar parada tem alguma coisa a ver com a reação?

PA* Tem

E- Ah, sim. Por ela ficar parada , *ela age na outra?*...Não é isso?

PA- E....Mais ou menos isso que eu acho.... A reação dela vai ser com a força contrária a essa aqui (a incidente)

PA demorou em confirmar o que a entrevistadora dissera, provavelmente tentando se adequar a fala dela, que estava interpretando reação como força do alvo na incidente. Porém a fala de PA ainda era ambígua nesse ponto. A entrevistadora continuou com outro experimento **c-2**.



E-Agora eu gostaria que você previsse...Se eu joga uma bola (de 100 gramas), contra a outra (igual) tentando dar o mesmo impulso, o que vai acontecer?

PA*O mesmo peso as bolinhas....com a mesma intensidade...acho que elas vão ficar paradas.

(PA realiza o experimento e depois ri murmurando que o resultado não tinha sido igual à previsão)

E-Alguma semelhança com o que aconteceu ali (p-2)?

PA*E... E, não ficou (parada) (ri)....

PA imediatamente reconheceu a semelhança entre esse experimento e **p-2** e em seguida reconheceu que tinha ocorrido o mesmo erro na previsão. A entrevistadora apresentou em seguida um experimento mental, no qual **p-2** seria realizado com bolinhas de massa de modelar e de borracha. PA previu que as bolinhas de aço voltariam mais, seguidas das bolinhas de borracha e das de massa de modelar. Em seguida retomou os experimentos **p-2** e **c-2**.

E- Então, voltou? Qual é a explicação

PA*Acho que aconteceu a mesma coisa (que no pêndulo)

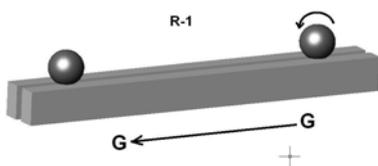
E-Como você pode explicar em termos de ação e reação?

PA*A ação foi igual nas duas. Eu joguei as bolinhas com a mesma intensidade, então acho que a ação que uma exerceu na outra foi igual. E cada uma deu uma reação igual também.... Então a reação dessa (uma das bolas) é a mesma ação que essa (a outra bola).

E- E no caso se parassem ? Estou falando para checar aquela sua idéia, do início, de que elas tinham que parar.

PA* E, pensei assim: se as duas ações fossem iguais, então as reações seriam iguais. Então a resultante ia ser nula. Então achei que elas deveriam parar.

Inicialmente PA tinha previsto que em **p-2** e **c-2** as duas bolas parariam: a ação da incidente seria anulada pela reação do alvo (em continuar andando) e vice-versa. A nova versão parece semelhante, mas pode ser explicada como incorporando implicitamente a idéia de a reação ser efeito da ação, ou seja, haveria o deslizamento para um modelo de transmissão de forças. A entrevistadora pediu uma previsão no experimento na canaleta com uma bola incidente colidindo com um alvo parado (**r-1**).



PA*Acho que as duas vão juntas.

E- Por que?

PA* Pelo princípio da ação e reação de novo?

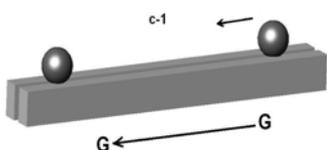
E- Hoje é você quem fala...

PA*Não, explicando pelo princípio de ação e reação?.

E-Tudo bem, vai

PA* Acho que ela (a bola alvo) tende a ficar parada. É uma reação pequena, menor que se ela estivesse em movimento (mostra o alvo e faz um movimento como se viesse em sentido contrário). Então acho que a ação dessa (incidente) dá para empurrar as duas.

Suas palavras revelam que reação para ele ainda voltou a ser pensada como tendência do alvo a ficar parado. PA jogou a bola incidente rolando contra o alvo parado com mesma massa (**r-1**): o resultado coincidiu com sua previsão. A entrevistadora repetiu a experiência várias vezes, porém evitando o rolamento (**c-1**). Como consequência a incidente parou.



E-O que eu fiz de diferente?

PA*Aumentou a... o empurrão, a intensidade do empurrão.

E-Ela ficou parada porque?

PA*Não sei... Não esperava que ela ficasse parada.

Em seguida a entrevistadora repetiu o experimento **p-1** e pediu a PA se existiam semelhanças com **c-1**. PA reconheceu a semelhança entre **p-1** e **c-1** e sinalizou que esperava que o atrito na canaleta implicaria um resultado diferente nos dois casos. Em seguida a entrevistadora pediu para PA localizar a diferença entre as duas maneiras de jogar a incidente contra o alvo na canaleta.

E-O que vai mudar na minha maneira de jogar

PA*O atrito vai ser menor... na sua maneira de jogar.

E-Vamos só recordar. Você falou que lá (no pêndulo)...

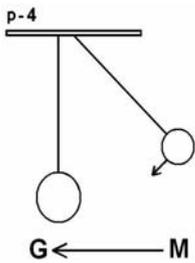
PA*Não tinha atrito

E-E aqui falou que com menos atrito os efeitos são iguais ... será que é só isso ?

PA*Não... Não sei explicar como.

A entrevistadora mostrou a canaleta com muitas bolinhas enfileiradas de 25 gramas e perguntou o que iria acontecer se fosse jogada uma bolinha contra (**c-6**) e depois duas e depois três e depois dez. PA referiu que já tinha visto na escola este experimento com o pêndulo e que as bolinha incidentes iam “**empurrar o mesmo peso**”.

A entrevistadora realizou novamente **c-1** e **r-1** e perguntou se poderiam ser interpretados em termos de energia. PA respondeu que havia transferência de energia de uma para outra, no primeiro caso totalmente, no segundo somente em parte, porém não saberia dizer o porque. A entrevistadora passou em seguida para choque com bolas diferentes. No caso de **p-4** (incidente menor do alvo) PA previu que o alvo iria subir a uma altura menor do que se a incidente fosse igual ao alvo.



E-O que vai acontecer com a pequena?

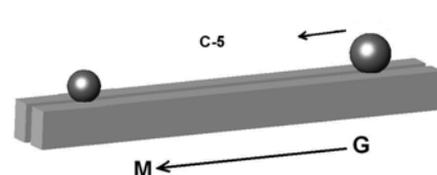
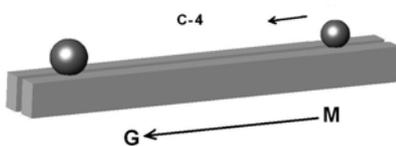
PA*Acho que vai ficar parada...

(O experimento é realizado e se observa que a incidente retorna)

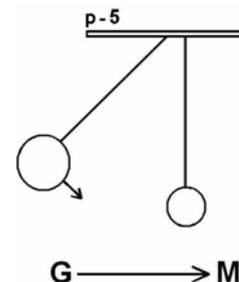
E- Por que?

PA* Acho que a reação dessa daqui (alvo) foi maior por causa do peso... foi maior do que a ação.

A entrevistadora passou a mostrar o experimento **c-4** e PA reconheceu uma semelhança com **p-4**, porém quando a entrevistadora jogou a incidente com rolamento (**r-4**), ficou surpreso com a parada da incidente e começou a rir da '*rebeldia dos experimentos*' em relação a suas previsões. Identificou o lançamento sem rolamento como caracterizado por "**maior velocidade, maior intensidade, maior força e menor atrito**".



Neste caso a *reação seria maior* do que no lançamento com rolamento. Por isso em **c-4** haveria volta da incidente e em **r-4** não, em **c-1** haveria parada da incidente e em **r-1** continuaria no mesmo sentido. Também a discussão sobre **p-5** permitiu a PA de realizar uma previsão coerente, assim como para os experimentos **c-5** e **r-5**.



A entrevistadora achou que já estava na hora de introduzir a teoria científica de ação e reação, comparando-a com o modelo do aluno. Em particular focalizou que ação e reação *sempre são iguais e sempre são aplicadas a corpos diferentes*, não podendo, portanto, anular-se.

E- Por exemplo, por que um burro consegue puxar a carroça? O burro puxa a carroça com uma ação e a carroça puxa o burro com a mesma ...reação. Então por que o burro consegue puxar a carroça?

PA*Eu acho que a ação do burro é maior que a reação

A entrevistadora insistiu na igualdade de ação e reação e explicitou a maneira pela qual o modelo newtoniano se aplicava ao caso da carroça puxando o burro. Em seguida voltou ao caso **p-1**.

E- No caso aqui, essa (incidente) para. Da para explicar?

PA*Como você falou se a ação é igual à reação, então a intensidade de uma depende da outra... Por exemplo, se eu tacar essa baixo, essa outra também vai baixo, e se eu tacar alto essa também vai alto.....

E-Vou perguntar diferente. O que a ação desta incidente fez nessa (alvo)

PA*Jogou ela para trás

E agora qual foi a ação que a que estava parada fez na que chegou? A reação

PA*Ah, a reação. Fez ela ficar parada..

E Essa aqui estava parada e aconteceu alguma coisa com ela. Essa aqui (incidente) tinha velocidade e parou. Então elas trocaram. O que aconteceu que foi trocado?

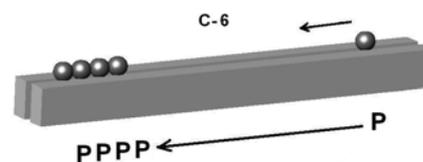
PA*Você falou que a ação é igual a reação... Acho então que passa de uma para a outra a força e vai na mesma intensidade...Na hora que bate vai a força e acho que essa pega a força dessa (incidente) e fica parada.

E-Uma pega a força da outra e fica parada?

PA*Não , uma passa a força para outra e fica parada

A entrevistadora continuou procurando mostrar que os efeitos da ação e reação eram iguais em termos de mudança de velocidade e fez um apanhado geral das principais idéias sobre a terceira lei de Newton, que queria que PA aprendesse.

No início da segunda entrevista PA colocou duas questões que o intrigavam: por que nos experimentos **c-6** saia o mesmo número de bolinhas que as incidentes e qual era a diferença entre **c-1** e **r-1**.



No diálogo que aconteceu, entrevistadora e PA se envolveram efetivamente numa colaboração conseguindo elaborar e entender o modelo de um choque por vez.

PA* Então queria saber se tem alguma lei que...Por exemplo você botou as bolinhas aqui, todas elas. A gente jogava duas, saia duas. Três, saia três...Então queria saber se tem alguma lei na física. ...Se envolve massa, alguma coisa....

E-Quando eu estou com três e jogo essa daqui (simula a jogada de uma das bolas contra as outras duas)? Essa(incidente) vai ficar parada e essa daqui (primeiro alvo), vai sair com a mesma velocidade com que essa (incidente) estava.... Então é como se o primeiro alvo saísse com a velocidade que esta (a incidente tinha chegado)....Então está com 've'

PA* Sei

E-(indica o segundo alvo) O que vai acontecer?

PA*Essa aqui(primeiro alvo) vai ficar com zero e essa aqui (segundo alvo) com ve

E-E se colocar mais uma? (encosta uma outra bolinha nas demais)?

PA*Zero, ve, zero, ve (enquanto fala indica cada bolinha)

A entrevistadora ficou satisfeita com a participação do PA e arriscou avançar na discussão

E-Então teria que pensar ... se duas bolas se chocarem com as demais (Coloca sete bolinhas na canaleta e separa duas do grupo). Como seria?

PA*Então eu estava pensando lá em casa e estava achando que envolve massa...

E-Essas duas vão sair com ve.

PA* Sai com massa igual. Com velocidade ...Com ondas de choques

E-Eu preciso pensar nisso. Faz tempo que eu não penso nisso. Preciso pensar também....Vou deixar um poquinho...A minha idéia é pensar cada choque

PA* Sei

A entrevistadora ficou um pouco coastrangida, mostrando receio em pensar num assunto novo diante do aluno. Porém conseguiu vencer o seu medo e convidou o aluno a pensar junto.

E-Agora então as duas chegariam com ve (joga de leve as duas contra as outras)... Quais os choques? *Vamos pensar junto....* Se não sair agora sai depois. Quem vai trombar em qual?

PA* Essas duas vem aqui...Vai dar primeiro..um choque dessa (segunda bola) nessa (primeiro alvo)

E-Ta legal. E daí, o que acontece?

PA-E daí essa (primeira bola) se choca com essa(segunda bola). Ou não?

E-Espera aí. Essa daqui (primeiro alvo) para essa (segunda bola)... Certo

PA* Certo

E- Ah! Então já está bom. Pronto. Eu já matei

PA*Eu também . Já matei (ri)... Essa (segunda bola) se choca com essa (primeiro alvo) e depois chega essa (primeira bola) e se choca também. Então é como se fosse primeiro tacar essa (segunda bola) e sai uma (indica o último alvo)...e depois (taca a primeira bola) (Entrevistadora e PA riem felizes)

A entrevista continuou introduzindo uma complicação nos experimentos: a presença de uma bola maior no final da fila. O esquema de analisar um choque cada vez funcionou novamente, com satisfação de entrevistadora e aluno.

Em seguida a entrevistadora tentou explicar a diferença entre rolamento e deslizamento, porém os resultados não foram satisfatórios, pois PA não conseguiu participar ativamente, nem entender plenamente as idéias de conservação (do momento linear e angular) utilizadas.

Uma Interpretação

A sucessão dos eventos apresentados pode ser dividida em quatro fases diferentes, caracterizadas por diferentes relações entre os atores e os correspondentes modelos mentais.

a)-Na primeira fase a entrevistadora procurou levantar as idéias de PA sobre os vários tipos de choque e questionar suas explicações, criando numerosos conflitos e dando sugestões pontuais na direção do conhecimento científico. Porém PA elaborava seus modelos na defensiva: suas palavras indicavam que seu desejo era *não errar* nas previsões e explicações. Digamos que no início da entrevista ele estava operando na

posição de quem queria mostrar conhecimentos. Entretanto, não há evidências de um esforço da parte dele para aprender algo de novo.

Inicialmente PA explicou que no choque **p-1** o alvo em repouso sairia andando porque a *“ação do projétil é maior do que a reação do alvo em ficar parado”*. Isso disse haver aprendido na escola a partir das explicações do professor e da observação dos experimentos apresentados. Para expressá-lo, utilizava os termos *ação e reação*, porém isso não implicava que estava considerando mudanças no estado de movimento da bola incidente, devido à reação do alvo. Para ele cada bola era palco de um confronto entre a ação do outra e sua própria reação (inercial). Em seguida, quando o resultado experimental o surpreendeu, ele aproveitou de um comentário da entrevistadora para não revelar seu modelo: provavelmente esperando que algo acontecesse para obter novamente o controle da situação. A entrevistadora, mesmo tendo dificuldade em entender os modelos de PA, tentou aproveitar do diálogo para introduzir pelo menos a idéia de que a reação do alvo parado seria sobre a incidente. PA pareceu concordar, mas com pouca convicção. No caso de **c-2**, voltou ao modelo anterior, prevendo novamente a parada das bolas pela igualdade de ação e reação; porém, diante de mais uma derrota experimental, tentou uma outra explicação: *“a reação é um efeito da ação”* (transmissão de forças). Após acertar a previsão com **r-1**, explicado novamente em termos de ação maior que a reação, ele ficou surpreso com o resultado de **c-1**, o que do seu ponto de vista contou como mais uma derrota experimental, pois entendia que o atrito da bolinha com a canaleta deveria introduzir um resultado diferente de **p-1**.

Sem dúvida PA era um aluno inteligente, como mostraram tanto sua capacidade de perceber analogias, quanto de generalizar conclusões. Pelo lado da entrevistadora, até esse momento, ela pareceu ter um compromisso com os conceitos da física newtoniana e a metodologia da Mudança Conceitual (Posner et al., 1982). De um lado, dava espaço para PA apresentar e discutir suas idéias e, por outro lado, dava sugestões no sentido de modificar os modelos do aluno na direção do conhecimento científico. Essa condução da entrevista favoreceu, por parte de PA, o abandono das defesas iniciais e seu envolvimento em entender os experimentos. Até o momento, a ajuda da entrevistadora, que não estava realmente compreendendo o modelo de PA, consistiu em manter vivo o jogo de perguntas e respostas, às vezes sem um sentido claro, e esperando momentos melhores.

b)- A mudança de PA na segunda fase pode ser explicada com seu desejo de ser reconhecido pela entrevistadora como bom aluno que conseguia reorganizar suas

explicações e dar conta dos resultados experimentais. Ele não tinha compromisso com a unicidade e coerência de seu modelo, nem desejava conhecer a teoria newtoniana (da professora) sobre choque; por isso podia passar de um modelo para outro, sem se preocupar. Assim, frente aos insucessos, começou a se esforçar para dar conta dos experimentos. Logo percebeu uma semelhança entre **p-1** e **c-1**, mas confessou não encontrar uma razão satisfatória para a diferença entre **c-1** e **r-1**. Interrogado sobre a energia nos dois casos respondeu que havia uma diferença em sua transferência, mas não sabia a razão dela. Frente a **p-4**, novamente ficou surpreso com o resultado da volta da incidente, que ele não tinha previsto e que explicou com “*a reação do alvo maior que a ação da incidente*”. Em seguida reconheceu a semelhança entre **c-4** e **p-4**, mas ficou novamente surpreso quando em **r-4** viu a incidente parar após o choque com o alvo maior. Pôs-se, então, a rir da "rebeldia" dos experimentos em relação a suas previsões, começando a se despreocupar bastante em agradar a entrevistadora e fazer um bom papel.

Por que a entrevista não conseguiu conduzir PA para o modelo newtoniano? Parece-nos que a entrevistadora não conseguia efetivamente entender os modelos de PA, que deslizavam de um para outro. Assim suas intervenções, às vezes, não entravam em ressonância com a meta pretendida. De fato, nesta fase pouco apareceu sua preocupação de que PA efetivamente **se envolvesse** na aprendizagem da teoria newtoniana; suas questões e sugestões conduziam PA a mudar de modelo, mas não atingiam o desejo dele em relação ao conhecimento científico. Ela não operava como alguém que queria **convidar** PA para adotar seu próprio conhecimento, pois parecia não acreditar muito no desejo de PA e esperava **que a metodologia adotada e o próprio debate operariam a mudança das idéias do aluno**. Como revelou após o experimento, “*ainda esperava que se ele expusesse seus modelos e eu o questionasse a partir do modelo científico, haveria boa possibilidade de o encontro acontecer*”. Durante toda a discussão, PA efetivamente revelou seu pensamento, as lacunas em seu conhecimento, sua insatisfação em não poder dar conta das demandas da entrevistadora e dos eventos e seu esforço em tentar encontrar as correspondentes explicações. Decididamente ele já operava de uma posição mais ativa. Já **queria saber as explicações, porém não esperava que elas viessem de um modelo único e integrado** envolvendo ação e reação e transmissão de energia, ou seja, o modelo newtoniano. Por isso a produção de modelos mentais permanecia sempre **local**.

c) A terceira fase revela a preocupação e ansiedade da entrevistadora: quando percebeu que o encontro entre PA e o conhecimento científico poderia afinal não acontecer, abandonou o diálogo ‘construtivista’, pressionando o aluno para que adotasse o esquema newtoniano. A partir desse momento a entrevistadora tentou ‘ensinar’ a versão ortodoxa de ação e reação, mediante uma longa explicação, que PA dizia acompanhar, mas que não parece ter produzido resultados apreciáveis, pois ao ser convidado a interpretar o exemplo do burro e da carroça PA voltou a utilizar a idéia da ação maior do que a reação. A entrevistadora insistiu na igualdade entre ação e reação, assim PA re-interpretou **p-1** como uma transferência de força. Até o final da entrevista PA procurou aceitar *localmente* as sugestões da entrevistadora, tentando dar conta das anomalias em suas previsões. A entrevistadora comentou, após as entrevistas, que ela possuía algum pontos de referência: *“devia respeitar o **ponto de vista do aluno, introduzir o conhecimento científico enquanto um modelo completo, e utilizar experimentos “sujos” (que incluíssem o real). Era como se estivesse jogando um jogo com várias peças que eu sabia que tinham que ser utilizadas, mas tinha que tentar buscar o momento apropriado e a dose apropriada...O que efetivamente dificultou a tarefa foi não entender os modelos de PA”***.

d) A quarta fase revela uma outra relação entre entrevistadora e PA. No início da segunda entrevista PA revelou que tinha pensado muito sobre a discussão anterior e queria entender *“por que nos choques múltiplos saem o mesmo número de bolinhas das incidentes”* e *“qual a diferença entre os choques ‘fortes’(de tipo c) e ‘fracos’ (de tipo r)”*. A primeira questão surpreendeu a entrevistadora, que não tinha uma explicação pronta. Ela aceitou o desafio e pediu a colaboração de PA, que prontamente aderiu. O resultado foi um diálogo interessantíssimo, no qual foi encontrado um modelo de análise baseado nos choques individuais (de tipo c-1) de cada bola com a sucessiva, que dava conta do movimento final de todas as bolas. Este mesmo modelo foi utilizado também para choques múltiplos com alguma bola diferente. O elemento decisivo dessa fase foi o abandono, por parte da entrevistadora de sua posição tanto de representante da comunidade que fornece o conhecimento, quanto de seguidora do modelo ortodoxo de mudança conceitual, com suas estratégias de conflitos e analogias: ela se colocou como alguém que buscava entender. Mais do que isso o pedido de colaboração para PA mudou a relação entre os dois. A entrevistadora abandonou o **discurso da Universidade** e adotou, pelo menos em parte, tanto no conteúdo conceitual, quanto na metodologia de ensino, o **discurso da Histórica**, abrindo suas próprias idéias e sua

condução para a busca. Por sua vez parece-nos que PA se colocou numa posição mais original. O problema da entrevistadora não era mais fazer PA mudar de idéia, mas encontrar junto uma explicação satisfatória para os choques múltiplos; este também era o desejo de PA. Daí o encontro, a colaboração e, sobretudo, a satisfação de ambos. É importante salientar que a mudança da entrevistadora não foi no sentido de modificar o desejo de PA introduzindo a vontade de se apropriar do conhecimento científico com todas as suas características, mas foi no sentido de se aproximar ao desejo de PA de entender as experiências. De fato, quando ela tentou explicar a diferença entre choque com e sem rolamento, introduzindo as idéias de conservação, PA não conseguiu se envolver e pensar o assunto de maneira pessoal.

Considerações Finais

Neste trabalho analisamos tentativas de ensino personalizado, realizadas mediante entrevistas didáticas que exploravam o conflito cognitivo para favorecer a mudança nos conhecimentos dos alunos entrevistados. Isso nos permite algumas considerações que julgamos importantes para o ensino de ciências e para a formação de professores.

1. Uma evidência importante que emergiu da análise da entrevista foi a relação entre a entrevistadora e os modelos do aluno. Ela ficou por muito tempo intrigada com as representações de PA, não conseguindo perceber sua articulação. O modelo no qual cada bola era *palco de confronto entre ação e reação* somente foi por ela descoberto *a-posteriori*, durante a análise das entrevistas. Sem esse conhecimento foi muito difícil, para ela, orientar as estratégias de ensino para atingir os elementos-chaves que sustentavam tanto as concepções, quanto a produção de modelos. Ela era facilmente surpreendida por suas respostas, pois não conseguia focalizar a origem delas.

Isso teve pouca importância na primeira fase das entrevistas, na qual a dificuldade maior para a aprendizagem foi a relação de PA com suas próprias concepções e modelos, no sentido que estava muito interessado em aprimorá-los: digamos que ele não queria fazer grandes esforços mentais, preferindo mostrar seus conhecimentos do que apreender novidades. A estratégia construtivista da entrevistadora conseguiu dar conta desse desafio, pois o confronto com os conflitos iniciais atingiu o aluno, que modificou sua posição. Frente à repetida inconsistência de suas previsões e explicações, resolveu investir na busca do conhecimento. Ou seja, parece que avanços parciais foram conseguidos, mesmo quando a professora estava, de certo modo, um pouco ausente da relação.

No entanto, a partir da segunda fase, PA estava interessado em encontrar formas de explicar as surpresas experimentais: o modelo newtoniano não era uma referência para ele. Mais em geral, não era sua meta encontrar um modelo único e articulado que explicasse todos os resultados experimentais. A entrevistadora não somente teve dificuldade em perceber quanto os modelos mentais de PA se aproximavam da teoria de Newton, mas sobretudo não entendeu que o problema de PA era iniciar uma mudança epistemológica e que sua estratégia construtivista não poderia, sozinha, provocar este tipo de mudança. No início da segunda entrevista a ressonância entre suas sugestões e as contribuições de PA oferece uma dúplice revelação: a superação de um desencontro graças à mudança da entrevistadora e a eficiência de um convite que atingiu o desejo de PA, seu querer apreender e explicar. Esta, porém, foi uma conquista de breve duração, logo abandonada, ao retomarem, entrevistadora e PA, a posição tradicional de docente e aluno.

É difícil dizer que tipo de intervenção poderia ter modificado o rumo da entrevista com PA atingindo sua relação com o conhecimento científico. Parece-nos que, em geral, para dar início a mudanças desse tipo, seria necessária uma *posição de autoridade* do docente vinculada ao reconhecimento, por parte do aprendiz, da presença de um saber especial no docente e do desejo de compartilhar esse saber. Para PA o conflito entre suas explicações e a insistência da entrevistadora em sustentar que em Física *ação e reação eram iguais* não provocou nenhuma preocupação, pois ele **não** desejava compartilhar o saber da entrevistadora. **Isso condicionava toda sua produção de modelos mentais.** Parece-nos claro que a posição de autoridade do professor envolve sua competência quanto ao conhecimento em jogo, mas também supõe o reconhecimento implícito, por parte do aluno, de que o professor tem a ver com seu desejo. Posição favorecida quando de fato o docente confia que o aluno poderá se deslocar em sua relação com o saber. A entrevistadora foi bastante ambígua nesse ponto, pois ela tinha dúvida se PA poderia corresponder a suas expectativas quanto à aprendizagem dos princípios de conservação.

2) Uma segunda consideração refere-se à condução das entrevistas por parte da Entrevistadora: ela constitui um exemplo interessante de mistura de diferentes posições em relação ao conhecimento. Do ponto de vista do conteúdo (a teoria das colisões) ela sem dúvida manteve-se fiel ao discurso **da Universidade**, ou seja, queria ensinar a teoria newtoniana inteira, com todos seus princípios fundamentais. Enquanto professora de Física, ela não tinha a liberdade para dispensar ou modificar parte deste

conhecimento em favor de outro mais simples. Entretanto, do ponto de vista estratégico, ela havia elaborado seu próprio método, baseado na articulação entre papel dos experimentos, exploração das idéias dos alunos e inserção sugestiva do conhecimento científico. Nesse ponto, era dona dessa estratégia, no sentido de poder utilizá-la à vontade, sem prestar conta a ninguém: sua experiência de aula e seus estudos a autorizavam para essa síntese, na qual ela podia assumir a posição de **Mestre**. Por outro lado, a própria estratégia a obrigava a buscar continuamente o entendimento das idéias do aluno, colocando-se na posição **de insatisfeita**, ou seja adotando o discurso da Histórica. Em outras entrevistas e com outros alunos, a articulação entre essas três posições funcionou bem: não somente deslocou os correspondentes alunos de seu patamar de envolvimento limitado, mas também os conduziu até o reconhecimento de que algo definitivamente estava errado em seu raciocínio. No caso de PA a situação foi bem mais complexa e difícil. Inicialmente para a entrevistadora era difícil para ela entender os modelos de PA, inclusive porque pareciam mudar de um caso para outro. Mesmo assim, conseguiu deslocar o aluno de seu patamar de *medo de errar*, sobretudo graças ao papel dos experimentos que continuamente surpreendiam suas previsões. Porém, apesar do envolvimento, ele não dava sinais de se apropriar do conhecimento visado. Assim, a resistência de PA e a incapacidade de entender seus modelos, conseguiram abalar a posição de **Mestre** da entrevistadora, no que diz respeito à estratégia de condução, obrigando-a a recuar para uma posição **Universitária**, caracterizada por um ensino tradicional com longas explicações por parte do docente, e a abandonar a posição de busca sobre os conhecimentos do aluno. A mudança não produziu os efeitos esperados, inclusive porque correspondeu mais a um recuo ditado pelo medo de abandonar o conhecimento científico do que a uma escolha ditada pelo entendimento da posição do aluno. Digamos que perdeu o controle da (fraca) transferência pedagógica estabelecida até então.

Esses resultados parecem-nos complementar os esforços dos pesquisadores que tentam levantar, analisar e articular os modelos mentais dos aprendizes para facilitar sua aprendizagem das ciências. Mais especificamente introduzem alguns esclarecimentos.

Em primeiro lugar, em nosso caso, a entrevistadora tinha pouca consciência de suas diferentes posições em relação aos vários aspectos de seu ensino, pois tais posições eram em boa parte implícitas e inconscientes; tais posições foram levantadas a-posteriori, graças sobretudo a colaboração da própria entrevistadora que se prontificou a repensar, numa situação de quase livre associação, os eventos e as atitudes por ela

tomadas. Assim o acoplamento da análise das gravações e da fala da entrevistadora posterior ao experimento permitiu reconstruí-las, com certa segurança. Isso não representa um caso isolado: em geral, a disposição do professor em relação ao conhecimento e aos alunos é implícita e inconsciente e somente pode ser descortinada a posteriori, com a colaboração do próprio docente.

Em segundo lugar, tais posições não constituem um padrão fixo: a própria análise revelou como uma perturbação na condução planejada pela entrevistadora conseguiu desmontar seu saber pessoal, conduzindo-a a uma outra articulação de posições. Ou seja, não é somente o controle da posição e da produção dos alunos que é muito difícil de alcançar, mas também o próprio controle de sua posição por parte do professor é sujeito a deslizamentos imprevisíveis.

BIBLIOGRAFIA

- FINK, B. (1998). **O sujeito laciano- entre a linguagem e o gozo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- GRECA, I.M. & MOREIRA, M.A. (2002) Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências** 7(1) pp. 30-45.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. (1982) Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, 66(2), 211-227