
CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS DE REPOUSO E MOVIMENTO DE UMA PESSOA DEFICIENTE VISUAL TOTAL

Éder Pires de Camargo

Faculdade de Ciências - UNESP

Luís Vicente de Andrade Scalvi

Departamento de Física - UNESP

Bauru - SP

Tânia Moron Saes Braga

Departamento de Educação Especial - UNESP

Marília - SP

Resumo

Enfocou-se a análise das convicções alternativas de repouso e movimento de um sujeito cego, buscando relacioná-las com as convicções de pessoas não cegas, bem como, com os conceitos da Física pré-newtoniana, estabelecidos principalmente por Jean Buridan, durante a Idade Média, e por Aristóteles. Os resultados desse estudo têm demonstrado que o deficiente visual total apresenta convicções acerca de repouso e movimento muito parecidas à de pessoas não cegas. Concepções aristotélicas, como as de lugar natural e de que a todo movimento associa-se uma força, têm se evidenciado como paradigma também para tais indivíduos. Portanto, de acordo com as convicções apresentadas pelo sujeito, a ausência de visão não se mostra fator fundamental na influência no que se refere à natureza das concepções espontâneas de repouso e movimento. Estímulos sensoriais, como audição e tato, e interações sociais com indivíduos videntes participam decisivamente na construção de tais noções.

I. Introdução

O enfoque que vem sendo dado às concepções espontâneas ou alternativas dos estudantes revela, entre tantos aspectos, a superação do paradigma tradicional de

ensino que desprezava tais concepções classificando-as como ignorância. A partir da década de 70, o estudo das concepções alternativas de estudantes a respeito de conceitos físicos começa a tomar forma e a ganhar destaque entre educadores construtivistas que buscavam uma melhoria em sua prática pedagógica. Tal estudo demonstra as diferenças entre o pensamento científico atual e as noções espontâneas dos estudantes, indicando as falhas da instrução formal tradicional na superação de tais noções. No tema aqui abordado, é feita uma pesquisa sobre as concepções espontâneas de um tipo particular de estudante, o deficiente visual total, e é feita também uma comparação de tais concepções com a Física Aristotélica e com a Física Medieval do Impetus.

De um modo geral, o problema das concepções espontâneas do aprendiz “comum” pode ser compreendido sob a óptica construtivista, levando-se em conta o fato de que elas são construídas pelos estudantes muito antes deles receberem qualquer tipo de instrução formal, com a finalidade de se compreender o mundo ao seu redor (Lochhead e Dufresne, 1989), isto é, segundo tal visão, existe a necessidade, por parte dos estudantes, de uma análise dos seus próprios conceitos, a fim de que possam ser questionados e substituídos por novos mediante sua ineficácia, ou seja, o aprendizado de um determinado conceito físico só se concretizará após uma mudança conceitual por parte do aprendiz. A filosofia da ciência contemporânea indica a maior fonte de hipóteses relativas a esta questão, já que um de seus problemas centrais, é compreender como as concepções mudam sob o impacto das novas idéias ou novas informações. Por estes aspectos acredita-se que a aprendizagem, assim como a pesquisa, pode ser melhor examinada como um processo de mudança conceitual (Posner et al, 1979).

Um outro enfoque, dado pelo estudo das concepções alternativas, é a relação entre tais concepções e os modelos científicos desenvolvidos historicamente (Stinner, 1994). Algumas pesquisas, como as de McCloskey et al (1980) e Minstrell (1982), realizadas sobre este tema, revelaram semelhanças entre conceitos espontâneos e modelos históricos e revelaram também a ineficácia do ensino de Física na sua quase totalidade, no que se refere a uma mudança conceitual. As convicções aristotélicas de lugar natural e de que a todo movimento associa-se uma força têm se demonstrado característica básica da relação do pensamento de senso comum e dos conceitos pré-newtonianos de movimento (Gardner, 1986). Contudo, no que se refere ao movimento de projéteis, as experiências causais dos estudantes detêm analogias com a idéia de força impressa de Hiparco/Filoponos e com a teoria do impetus de Buridan e seus seguidores, já que a antiperistasis aristotélica, conceito que atribuía ao ar a função de resistência e de continuidade do movimento é rejeitado pelo aluno (Peduzzi, 1996).

Com o objetivo de que o aluno supere as noções de que a Ciência é imutável e dona absoluta da verdade e de que o professor é o detentor e transmissor de

todo o conhecimento, “que por sua vez se encontra muito bem armazenado nos livros didáticos”, faz-se necessário despertar a consciência, por parte do aprendiz, da semelhança de seu pensamento espontâneo com os já referidos modelos históricos. No entanto, é necessário não reduzir a criteriosa Física aristotélica à visão de senso comum, muito menos elaborada devido ao seu não-interesse investigativo, pois ainda que não o seja matematicamente, a Física aristotélica é uma teoria altamente elaborada, que transcende os fatos do senso comum que servem de base à sua elaboração (Koyré, 1986).

Objetivando discutir as concepções espontâneas de pessoas deficientes visuais totais sobre os conceitos físicos de repouso e movimento e comparar tais concepções com modelos científicos desenvolvidos historicamente, este artigo mostra a análise de uma entrevista realizada com um sujeito cego de nascença. Nesse estudo, procurou-se identificar quais são as convicções acerca desse sujeito e estabelecer relações entre tais convicções e os modelos históricos já citados, ou seja, buscou-se compreender de que maneira a ausência de visão pode interferir ou não no pensamento espontâneo de um indivíduo cego, já que este não possui o sentido que o coloca em contato com muitos fenômenos observáveis principalmente pela visão. Pretende-se que tal estudo possa ser útil ao ensino de Física para pessoas cegas, já que, de posse desses resultados, o professor que trabalhe com tal demanda terá subsídios indispensáveis para sua prática. Não se tem, até esse momento, o objetivo de propor atividades de ensino de conceitos Físicos a alunos cegos, visto que se busca inicialmente conhecer quais são as principais concepções alternativas de pessoas cegas sobre repouso e movimento, e através disso dar subsídios a estudos futuros que busquem propor tais atividades.

Como aponta Masini (1990), a análise da bibliografia especializada sobre o deficiente visual mostrou que seu desenvolvimento e aprendizagem são definidos a partir de padrões adotados para os videntes. Verificou-se que o “conhecer”, esperado na educação do deficiente visual, tem como pressuposto o “ver” e que, portanto, não se levam em conta as diferenças de percepção entre o deficiente visual e o vidente. Por isso, tomando por base um referencial construtivista, o ensino de Física, sob a óptica tradicional da forma em que se apresenta, torna-se inviável, não apenas aos videntes, mas principalmente aos cegos, pois enfoca a Física descontextualizada, desconsidera o conhecimento prévio dos alunos e não tem por objetivo trabalhar com a questão da mudança conceitual (Brown e Clement, 1987). Como exemplos apresentam-se os trabalhos de Linn e Thier (1975), Baughman e Zollman (1977), Weems (1977), e Sevilla et al (1991) que contribuem, de uma certa forma, à questão da preocupação com o ensino de Física a pessoas cegas, trazendo basicamente uma tentativa de adaptar materiais de laboratório no ensino dessa ciência a tais sujeitos. Contudo, em nenhum momento esses trabalhos apresentaram qualquer discussão referente ao conhecimento

prévio dos deficientes visuais e este fato deve-se segundo Masini (1990), à desatenção da predominância da visão ou daquilo que ficou encoberto pela familiaridade, oculto pelo hábito, pela linguagem e pelo senso comum, numa “cultura de videntes”. Portanto, esse estudo contribui ao ensino de Física, pois, de acordo com um referencial construtivista, é de fundamental importância o conhecimento das concepções alternativas de sujeitos deficientes visuais, não só para a construção de atividades de ensino, mas também para a compreensão das experiências que levam as pessoas a construir explicações da realidade física que as cercam.

II. Algumas características da Física Aristotélica e da Física do Impetus

De acordo com as observações de Koyré (1991), Aristóteles (384–322 a.C.), tornar-se-ia, durante a Idade Média, o representante exclusivo da verdade, da culminância e da perfeição da natureza humana. Atento observador, suas constatações sobre o que via ocorrer na Terra e no firmamento levaram-no a fazer afirmações sobre a natureza das coisas e a formular um modelo do Universo. Propôs que tal Universo deveria ser finito e centralizado na Terra. Separou a Física Celeste da Física Terrestre, baseando-se em observações de fenômenos que ocorriam na Terra e no céu. Associou as mudanças observadas na Terra, como alterações no clima, nascimento e posterior morte dos seres humanos, entre outras, a um mundo imperfeito, corruptível, sujeito a contínuas modificações (Peduzzi, 1996). Ao contrário da Terra, Aristóteles via no céu a perfeição e a harmonia, os ciclos repetitivos eram características eternas (Cohen, 1967). Fatos como estes, levaram Aristóteles à organização de seu mundo físico do seguinte modo: a formação do mundo material terrestre era constituída pela mistura de quatro elementos corruptíveis básicos: o elemento terra, o elemento água, o elemento ar e o elemento fogo. Já os corpos celestes seriam constituídos por uma quinta substância incorruptível, o éter, um elemento puro, eterno, inalterável, não sujeito à mudança e, portanto, contrastante com os elementos terrestres (Peduzzi, 1996). Seu modelo físico distinguia o movimento como natural (por exemplo, o movimento de corpos celestiais ou objetos cadentes) e forçado (por exemplo, um cavalo que puxa uma carroça ou o lançamento de uma pedra). Todos os objetos, de acordo com Aristóteles, possuem um lugar natural no Universo, e movimento natural é a propensão de objetos para se moverem ao seu lugar natural (Koyré, 1986). No entanto, para que ocorra um movimento forçado, deve haver um movedor que faz com que o objeto movimente-se. A Física Aristotélica não contém nenhum conceito de ação à distância, a noção de gravidade é literalmente inexistente no sistema Aristotélico. O movimento de uma pedra lançada de um precipício seria explicado, em condições aristotélicas, como devido inicialmente à ação de um movedor (a força aplicada na pedra), uma força contínua de

movimento e o movimento natural descendente da pedra (Gardner, 1986). O mecanismo da força responsável pela manutenção do movimento é bastante complexo: o objeto que está em movimento perturba o meio, que então continua a dar força ao objeto provocando com isso a continuidade do movimento até que a força cesse, tal processo é denominado *antiperistasis* (Franklin, 1976 e 1978). Quando se movimenta, o projétil passa a ocupar o lugar que antes era preenchido pelo ar que havia a sua frente. Este mesmo ar, por sua vez, flui em torno da pedra para ocupar o espaço vazio deixado por ela. Com este movimento, o ar impele o objeto para frente. Tal processo é imperfeito, a força sobre o projétil gradualmente se extingue e ele pára. (Peduzzi, 1996).

Os adversários da dinâmica de Aristóteles sempre basearam suas críticas justamente ao conceito de antiperistasis e, como aponta Koyré (1986), a contestação às explicações aristotélicas aos movimentos contínuos da roda, da pedra e da flecha (Piaget e Garcia, 1982), encontra-se evidenciada em seus críticos, dos quais destacam-se (em ordem cronológica de períodos) Hiparco, Philoponus e Buridan, Nicolau Oresme e Alberto da Saxônia, Leonardo da Vinci, Benedetti e Galileu. Tal crítica, estabelecida inicialmente por Hiparco (século II a.C.) e Philoponus (século V d.C.), fundamentava-se no conceito de força impressa (Franklin, 1976, e Stinner, 1994) que mais tarde veio a ser denominada de impetus por Jean Buridan (século XIV d.C.) (McCloskey et al, 1980). Buridan também foi o responsável pela formulação definitiva desse conceito:

Um movedor, ao colocar um corpo em movimento, deixa impresso nele um certo impetus, um certo poder capaz de provocar mudanças neste corpo na direção que o movedor imprimir, ou seja, para cima, para baixo, lateralmente, ou em círculo. Pela mesma quantia que o movedor move o corpo, o poder do impetus é impresso nele. É por esse impetus que a pedra é movida depois do lançador deixar de movê-la, mas, por causa da resistência do ar e da gravidade da pedra que a inclina ao entrar numa direção oposta àquela que o impetus tende a movê-la, este impetus se torna continuamente debilitado. Então o movimento da pedra se tornará continuamente mais lento até que o comprimento do impetus se torne tão diminuído ou destruído que a gravidade da pedra prevaleça sobre ele, movendo a pedra para baixo para seu lugar natural. (McCloskey et al, 1980)

Apesar da teoria de impetus ter continuado fiel ao princípio aristotélico de que força produz velocidade e não aceleração, é fato que este princípio representou um avanço conceitual sobre o movimento de objetos em relação às idéias propostas por

Aristóteles, já que, de acordo com essa teoria, o meio passa a ter um papel apenas de resistência ao movimento e não é mais responsável pela continuidade do mesmo (Piaget e Garcia, 1982).

III. Convicções de um sujeito deficiente visual total sobre repouso e movimento

Nesta seção são apresentadas convicções expressas por um sujeito cego de nascença (S_1) que participou dessa pesquisa. S_1 foi submetido a uma série de questionamentos que enfocavam situações cotidianas de repouso e movimento, com o objetivo de fazê-lo refletir sobre o tema e expressar suas idéias. A entrevista foi realizada por um dos autores do texto, que será identificado pela sigla **E**. A metodologia utilizada baseou-se na mesma empregada por Robin e Ohlsson (1989), que estudaram as concepções espontâneas de sujeitos “normais” acerca de movimento, especificamente seis estudantes de psicologia da universidade de Pittsburgh, relacionando-as com a teoria medieval de impetus de Jean Buridan no século XIV. A entrevista foi filmada e transcrita na íntegra, sendo que no ato da transcrição todas as linhas foram enumeradas para que as idéias do sujeito pudessem ser identificadas.

Dessa forma, para S_1 , sujeito que cursa o ensino superior, ou seja, que estudou Física durante o ensino médio, identificou-se em sua entrevista transcrita 102 idéias, das quais 88 foram agrupadas em 18 convicções de repouso e movimento. É relevante a observação que das 102 idéias identificadas na transcrição da entrevista concedida por S_1 , 14 não foram agrupadas em convicções de repouso e movimento, pois se referiam a noções de Terra (Nardi, 1990), e que, portanto, não fazem parte dos objetivos aqui estabelecidos. Contudo, a análise detalhada dessas idéias encontra-se em Camargo (2000).

A tabela 1 mostra uma relação entre as convicções do sujeito e o número de idéias identificadas na transcrição da entrevista de S_1 que justificam tal convicção. O símbolo C_n foi utilizado para identificar a convicção n .

As questões utilizadas para a realização das entrevistas foram:

Situação 1 - Repouso dos objetos:

- *O que faz com que o livro fique em repouso sobre a mesa?*

- Coloca-se um livro sobre a mão esticada do sujeito. Coloca-se mais de um livro na mão esticada do sujeito. O que você fez para que o livro permanecesse parado sobre sua mão? Para você, o que é força? Você acha que a mesa poderia exercer uma força no livro? (Minstrell, 1982)

Tabela 1: Relação entre as convicções e as idéias de S_1

Convicções de S_1	Número de idéias de S_1 que justificam a convicção C_n	Convicções de S_1	Número de idéias de S_1 que justificam a convicção C_n
C_1	2	C_{10}	7
C_2	2	C_{11}	16
C_3	4	C_{12}	2
C_4	7	C_{13}	8
C_5	2	C_{14}	1
C_6	8	C_{15}	3
C_7	3	C_{16}	3
C_8	1	C_{17}	3
C_9	15	C_{18}	1

Situação 2 – Movimento dos objetos:

- Com as mãos, aplica-se ao livro uma força paralela ao plano: O que acontecerá quando não houver mais o contato entre a mão e o livro?

- Por que os objetos se movem?

- Você precisa empurrar ou puxar um objeto para que ele se movimente sempre com a mesma velocidade?

- Por que alguns objetos continuam se movendo por um certo tempo depois de você ter deixado de empurrá-los.

- Por que objetos param de mover-se?

- Se você empurra um livro e uma bola de metal com a mesma força, qual irá mais longe? Por quê?

- Poderia existir uma situação em que um objeto em movimento continuasse em movimento com a mesma velocidade, embora não houvesse nada o empurrando ou o puxando? (Lochhead e Dufresne, 1989)

Situação 3 - Queda dos objetos:

- Você tem em suas mãos uma pedra. O que acontecerá se você abandoná-la? Por quê? E se você lançá-la para cima?

- Por que objetos caem?

- Se você joga uma pedra para cima, o que acontece com ela? Por quê?

- *Você tem em suas mãos uma esfera de metal e uma folha de papel aberta. Se você abandoná-las da mesma altura, quem chegará primeiro ao solo? Por quê?* (Hise, 1988)

- *Imagine que, do alto de um prédio de 50 andares, são abandonados dois objetos no mesmo instante. Um deles é uma grande pedra de uma tonelada e o outro uma pequena pedra de um quilograma. Qual deles chegará primeiro ao solo? Por quê?*(Robin e Ohlsson, 1989)

- *Lembra-se da questão da folha de papel aberta e esfera de metal? Imagine agora que a folha de papel esteja amassada de tal forma que pareça com uma esfera. Qual das duas chegará primeiro ao solo se forem abandonadas no mesmo instante e da mesma altura? Por quê?*

Situação 4 - Trajetória dos objetos:

- *Considere um tubo cilíndrico não encurvado colocado sobre uma mesa horizontal. Coloca-se dentro do tubo uma esfera rígida de metal cujo diâmetro seja apenas um pouco menor do que o diâmetro do tubo, a fim de que possa se mover livremente dentro do tubo. Empurra-se a esfera. Qual será o caminho percorrido por ela após abandonar o tubo?*

- *Considere agora que o tubo seja encurvado. Qual será o caminho descrito pela esfera ao abandonar o tubo?*

- *Você prende uma esfera a um fio rígido e a gira sobre sua cabeça. Explique qual será o caminho descrito pela esfera se você soltar o fio.* (McCloskey et al, 1980).

As convicções surgiram das interpretações de determinado conjunto de idéias que foram agrupadas por terem características semelhantes do ponto de vista conceitual. Foram escritas em uma linguagem formal com o objetivo de eliminar-se as ambigüidades e repetições, extremamente comuns à linguagem falada (Robin e Ohlsson, 1989)

É importante ressaltar que os grupos de idéias de S_1 utilizados para identificar uma determinada convicção não estão totalmente explicitados, visto que a maioria deles era muito extensa e, portanto, a disposição das idéias ocuparia um grande espaço, o que inviabilizaria a exposição deste texto. Contudo, do grupo de idéias utilizado para justificar uma determinada convicção, é explicitado abaixo desta uma idéia de S_1 , a fim de que a referida convicção possa ter uma maior credibilidade.

Portanto, as 18 convicções expressas por S_1 foram:

C_1 – Um objeto se encontra em repouso quando está parado em um determinado local, sem que ninguém ou alguma coisa empurre-o, puxe-o ou mexa com ele.

S₁: Repouso é quando a gente coloca um objeto sobre um lugar e o deixa sem mexer nele.

C_2 – Pelo fato do livro ser um objeto que não possui vida, ele não sairá do lugar em que se encontra a menos que alguém ou alguma coisa leve-o para onde deseja.

S₁: É porque ele não tem condições de sair do lugar em que se encontra se alguém não tocar nele, não levá-lo para onde ele deseja.

C_3 – Objetos sem vida, como a mesa, não exercem forças sobre o livro, eles apenas servem de obstáculo para que o livro não chegue ao chão.

S₁: Porque a madeira não tem mais vida. Não tem como ela fazer força, ela não tem vida!

C_4 – Quando eu seguro o livro com as minhas mãos ele não cai, porque eu, ser vivo, exerço uma força com o meu braço, que é suficiente para impedir a queda do livro.

E: Você tem que fazer alguma coisa para segurar esses livros?

S₁: Eu tenho que fazer força, porque senão eles caem.

E: O seu braço pode exercer força?

S₁: Meu braço pode, ele tem vida!

C_5 – Existem várias naturezas de força, como por exemplo, a força humana e a energia elétrica.

S₁: Força? Tem vários tipos de força. A força física é vinda da energia que nós temos em nosso corpo, que é diferente da força elétrica que faz o ventilador funcionar.

C_6 – Os objetos se movimentam devido à ação de uma força, e esse movimento se dará na mesma direção e sentido da força.

S₁: Ele vai do lado que eu empurrar ele.

S₁: Ele vai para o lado que eu queira que ele vá.

S₁: ...Se a minha mão não estiver em cima do livro para empurrá-lo, ele não anda.

C₇ – Um objeto deixará de se mover quando a força deixar de ser aplicada sobre ele.

E: E quando ele pára?

S₁: Quando eu deixar de empurrá-lo.

E: Você parou de empurrar...

S₁: O livro parou também.

S₁: Porque eu deixei de empurrar, parei de mexer com ele e ele parou.

C₈ – A velocidade constante é aquela que permanece sempre a mesma.

S₁: A velocidade fica sempre no mesmo... por exemplo, um carro a 60 km, eu quero ir a 60km daqui a São Paulo, eu deixo sempre na mesma velocidade, nunca mudo a velocidade do carro.

E: Isso é velocidade uniforme? Que não muda?

S₁: Isso.

C₉ – Alguns objetos, como um carrinho de fricção ou uma bola, continuam se movendo mesmo sem haver contato entre eles e o movedor (aquele que os colocou em movimento), pelo fato de que o movedor transmite-lhes uma força que é responsável pela continuação do movimento e esse movimento se dará até que a força cesse.

E: Por que alguns objetos, como a bola, continuam se movendo, mesmo depois que você deixa de empurrá-los?

S₁: Porque a bola é redonda, né? Você põe força nela, dá um contato pequeno nela, aí ela vai continuar rolando até que ela perca aquela força que você deu para ela.

C₁₀ – O motivo pelo qual objetos como a bola movem-se mesmo sem o contato com o movedor e outros como o livro não é devido ao seu formato.

S₁: Porque o livro, além de ser um pouco mais pesado, não é redondinho como a bola. A bola faz assim, ela vai para lá, ela vai para cá... o livro não, se você fizer isso, tirar a mão dele, ele perde a força de andar.

C₁₁ – Os objetos pesados caem, e os objetos leves vão para cima, porque é natural que seja assim.

E: A força da gravidade puxa pra baixo?

S₁: Quando o objeto é pesado, sim. Quando o objeto é leviano, ele vai para cima. Vamos comparar a bolinha de aço com a bexiga. A bexiga, se ela estivesse cheia de ar nesse momento e eu soltasse das minhas mãos, fatalmente ela iria para cima, porque ela é mais leviana que a bolinha de aço. Ela pesa menos que a bolinha de aço.

C₁₂ – O peso leva naturalmente os objetos pesados para baixo.

S₁: *Ah! Uma força que vem...por exemplo, o peso, por exemplo, da bolinha, ela não ia para cima, tinha que ir para baixo. Então o peso da bolinha impulsiona ela para baixo por causa da força da gravidade.*

C₁₃ – Objetos mais pesados caem mais rapidamente que objetos leves.

S₁: *O de mil quilos cai primeiro, é o peso, mil. Uma tonelada cai primeiro.*

C₁₄ – O formato dos objetos não influencia em sua massa. Exemplo: folha de papel aberta e folha de papel amassada.

E: *Vamos refazer o experimento da folha. Amasse a folha, por favor. Faça ela ficar uma bolinha. Você acha que ela ficou mais pesada ou mais leve? Ou você acha que não muda?*

S₁: *Eu acho que não muda nada.*

S₁: *Mudou só porque ela ficou amassada, mas ela não ficou mais pesada.*

C₁₅ – A folha de papel amassada é mais pesada que a folha de papel aberta, ou seja, o formato interfere no peso dos objetos.

E: *Quando a gente amassou a folha de papel o peso dela mudou?*

S₁: *Pouca coisa.*

E: *Você acha que quando a gente amassa a folha de papel, ela fica mais pesada ou mais leve?*

S₁: *Mais pesada.*

E: *Você tem certeza que quando a gente amassa o papel, ele fica mais pesado?*

S₁: *Tenho.*

C₁₆ – O formato de um cano interfere na trajetória de uma esfera após esta tê-lo abandonado.

E: *Você acha que tem alguma diferença de quando a bolinha sai do cano reto ou do cano torto?... Pelo fato de ela ter que fazer curva no cano torto, isso vai influenciar no caminho dela?*

S₁: *Pode ser que faça umas outras curvas saindo do cano torto.*

E: *Mais curva do que no cano reto ou menos?*

S₁: *Com certeza mais curva.*

S₁: *Porque essa curva aqui (aponta para o cano encurvado) vai dar força para ela fazer curva.*

C₁₇ – Dependendo do valor da força aplicada na bolinha, ela poderá descrever trajetórias encurvadas ao abandonar o cano reto ou retilínea ao abandonar o cano torto.

E: Você poderia colocar a bolinha de aço dentro do cano reto e empurrar? O que acontecerá com o caminho da bola quando ela sair do cano? O que eu quero saber é se ela vai continuar em linha reta ou não.

S₁: Eu acho que ela vai entortar.

E: Vamos supor que eu jogue a bolinha aqui no cano torto e ele passe. Você poderia me dizer o trajeto da bolinha?

S₁: Ela sai aqui. Se ela sair com muita força com certeza ela vai daquele lado.

C₁₈ – A velocidade tangencial de uma esfera que gira amarrada a um barbante não influencia em sua trajetória quando esta é solta ou quando o barbante se rompe, a trajetória desta esfera será retilínea na vertical e de cima para baixo.

E: Se você soltasse o barbante, o que aconteceria com a esfera?

S₁: Ela cairia em cima da minha cabeça e depois no chão.

E: Se você soltar, para onde vai a esferinha?

S₁: Vai cair em cima da minha cabeça.

E: Pra frente ela não vai? Você poderia fazer com a mão?

S₁: Cairia assim.

Uma síntese importante a ser feita é a de se agrupar determinadas convicções e relacionar tais grupos a conceitos que podem ser entendidos como paradigmas do pensamento espontâneo ou alternativo do indivíduo e que de uma certa forma identificam-se com a Física Aristotélica e do impetus. O paradigma aristotélico de movimento, do ponto de vista de seus conceitos fundamentais, pode ser analisado de acordo com dois princípios: o de lugar natural que resulta no conceito de movimento natural e o de movimento forçado (Koyré, 1986). Por outro lado, a Física do impetus, que fora desenvolvida principalmente durante a Idade Média, primeiramente por Philoponus – final do século V e início do século VI – e posteriormente por Jean Buridan – século XIV (Stinner, 1994) – representou um avanço em relação ao pensamento aristotélico, no que se refere à necessidade da presença do meio para que o movimento ocorresse, mas não representou, de maneira alguma, uma superação paradigmática em relação à necessidade de uma força para a continuidade do movimento (Piaget e Garcia, 1982). Na seqüência do texto, é estabelecida uma relação entre determinados grupos de convicções de S₁, e dois princípios básicos, os de

movimento forçado, ou seja, há a necessidade de uma força para a existência e/ou continuação do movimento e de lugar natural, que fundamenta o conceito de movimento natural, sendo que, o primeiro engloba o conceito de impetus que se baseia no mesmo princípio.

A tabela 2 mostra o agrupamento de convicções e a relação desses agrupamentos com os dois princípios citados acima.

Tabela 2: Relação entre grupos de convicções e o paradigma pré-newtoniano de movimento.

Lugar natural que fundamenta o conceito de movimento natural.	C ₁ , C ₃ , C ₄ , C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₃
Movimento forçado ou necessidade de uma força para provocar e/ou manter o movimento.	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀ , C ₁₆

Como se nota na tabela 2, seis ou 33,3% das dezoito convicções de S₁, relacionam-se ao princípio de lugar natural, e outras seis ou 33,3%, ao princípio de movimento forçado, ou seja, das 18 convicções de S₁, aproximadamente 66,7% podem ser relacionadas ao paradigma pré-newtoniano de movimento, fundamentado em dois princípios, isto é, de lugar natural e de movimento forçado.

IV - Análise das convicções de S₁

Nesta seção, as convicções de S₁ são analisadas tendo em vista suas relações com modelos históricos de compreensão do movimento, enfocando principalmente o pensamento aristotélico e o modelo medieval do impetus proposto por Buridan, utilizando as seguintes afirmações: concordantes, discordantes ou sem conexão.

Das dezoito convicções diagnosticadas, verificou-se que onze (C₁, C₂, C₃, C₄, C₆, C₇, C₈, C₁₀, C₁₁, C₁₂, C₁₃) são concordantes com a teoria aristotélica de movimento, duas (C₉ e C₁₆) com a teoria do impetus, outras duas (C₁₇ e C₁₈) são discordantes da teoria do impetus e três (C₅, C₁₄, C₁₅) são sem conexão com essas teorias. Apresentamos aqui algumas passagens da entrevista concedida por S₁, que chamaram a atenção de uma maneira especial.

Nesta análise, nota-se algumas semelhanças entre concepções de S₁ e a Física Pré-Newtoniana acerca de questões já citadas anteriormente. Nas convicções C₁,

C₂, C₃ e C₄, o sujeito expressa basicamente que estar em repouso é estar não sujeito à ação de forças. Para S₁, o ato de repousar não necessita de maiores explicações, já que para ele parece óbvio que objetos inanimados, como um livro sobre a mesa, permaneçam ali sem que algo os tire dali (C₁ e C₂). Tal convicção assemelha-se com a visão aristotélica de mundo que se baseava em pressupostos de uma Terra estática no centro do Universo e da tendência natural de objetos sólidos, isto é, formados do elemento terra buscarem seu lugar natural no centro do Universo. As coisas estão (ou devem estar) distribuídas e dispostas de uma maneira bem determinada; estar aqui ou ali não lhes é indiferente, mas, ao invés, cada coisa possui, no Universo, um lugar próprio conforme a sua natureza. (É só no ‘seu lugar’ que se completa e se realiza um ser e é por isso que ele tende para lá chegar). Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar; a noção de ‘lugar natural’ traduz esta exigência teórica da física aristotélica. Segundo esta concepção, o repouso de um objeto não necessita de maiores explicações, é a sua própria natureza que explica, por exemplo, o repouso da Terra no centro do mundo (Koyré, 1986).

Em C₃, o sujeito declara sua convicção de que objetos sem vida, como uma mesa, não exercem forças, apenas servem de obstáculos para que o livro não prossiga o seu movimento natural de chegar até o centro da Terra. A experiência realizada com S₁, ou seja, a experiência de colocar vários livros sobre a sua mão estendida, tinha o objetivo de colocá-lo em reflexão sobre questões relacionadas à ação de forças que agem no sentido de manter objetos em repouso. Evidentemente que S₁ necessitou fazer força com seu braço estendido a fim de segurar o livro (C₄), no entanto, a mesa, em sua concepção, por não possuir vida, não poderia em hipótese alguma exercer uma força superior no livro a fim de impedir que ele caísse. Encontra-se tal convicção nos trabalhos realizados com sujeitos “normais” por Minstrell (1982), a convicção “errada” mais evidenciada pelos estudantes era a falta de força exercida pela mesa, a mesa era simplesmente um obstáculo e Halloun e Hestenes (1985), obstáculos podem redirecionar ou parar o movimento, mas eles não podem ser agentes de uma força aplicada.

Em C₅, S₁ admite várias fontes de força, separando-as em categoria como força humana, a que é exercida pelo homem; força elétrica, a que move aparelhos elétricos, como o ventilador; etc. No entanto, o que é fundamental nesta convicção é a maneira com que S₁ caracteriza o seu conceito de força. Para ele, a natureza da força é intrínseca à natureza de quem a exerce, como se a força exercida pelo homem tivesse também características humanas e a força exercida por motores elétricos tivesse características elétricas.

Nas convicções C₆ e C₇, o sujeito declara o seu pensamento espontâneo acerca do movimento, afirmando explicitamente que o motivo pelo qual um objeto se

move é devido à ação de uma força e esse movimento terá fim assim que essa força deixar de atuar sobre o objeto. Naturalmente o objeto em questão tratava-se de um livro e não de uma esfera.

Tais convicções parecem assemelhar-se com o conceito de movimento forçado de Aristóteles. Para Aristóteles, movimento não natural só é possível quando se associa ao que se move, uma força. Isto parece bastante óbvio tanto para Aristóteles quanto para S_1 , pois, a partir do momento que cessa a força, o movimento também cessa. Portanto segundo esta concepção, para que haja um movimento, é necessário que o que move e o que se movimenta estejam em permanente contato.

A convicção C_8 refere-se a noções de velocidade. Nesta convicção, S_1 declara corretamente o seu conceito de velocidade constante. Isso é curioso, pois S_1 , em suas explicações, apresenta noções de distância recorrendo a exemplos como o de distância entre cidades, mesmo sem possuir o sentido da visão.

É curioso observar que as convicções C_{14} e C_{15} são contraditórias. Tal contradição surgiu no decorrer do diálogo por ocasião da discussão acerca da queda dos objetos, em particular da comparação entre os tempos de queda de objetos de massas diferentes. É fato que S_1 sabia que o formato de um objeto não interfere em sua massa como no caso da folha de papel aberta e fechada, e tal convicção verificou-se em C_{14} . No entanto, também é fato que S_1 possui a convicção aristotélica de que a massa de um objeto interfere em seu tempo de queda – C_{13} . Quando perguntado a S_1 quem chegaria ao solo primeiro (a folha de papel aberta ou a bola), ele prontamente respondeu que seria a bola, pois possuía massa maior que a folha de papel, o que realmente confirmou-se. Quando solicitado para que amassasse a folha de papel e a abandonasse junto com a bola, S_1 notou auditivamente que neste caso ambas chegaram juntas e, apesar de já haver dito que o formato não interfere na massa dos objetos, voltou atrás em sua convicção C_{14} com a finalidade de defender seu modelo aristotélico de queda dos objetos – C_{13} , afirmando categoricamente que o motivo pelo qual a folha de papel amassada havia caído junto com a bola era porque ela teria ficado mais “pesada” que a folha de papel aberta – C_{15} . Pode-se dizer que, neste caso, S_1 encontrava-se em uma situação de escolha, ou negava sua convicção aristotélica C_{13} , ou abandonava sua convicção C_{14} . Curiosamente, ele optou pela preservação de seu modelo aristotélico de queda dos objetos, ao invés da convicção C_{14} , de que o formato interfere na massa dos corpos.

No trecho abaixo verifica-se uma convicção - C_{11} - aplicada a um objeto bastante comum, a pena:

S₁: *Se a gente jogar uma pena, ela não vai voar para baixo, ela vai voar para cima, ela é leve.*

E: *Você acha que a pena vai voar para cima?*

S₁: Vai.

E: E ela vai subir até onde?

S₁: Até onde ela tiver força, tiver alguma força para empurrar ela, ela vai.

E: E depois?

S₁: Depois ela cai.

Esta convicção se torna muito diferenciada pela ausência total de visão do sujeito, já que este jamais poderia ter visto o que disse. A convicção C₁₁ expressa principalmente na seguinte fala de S₁: “Se a gente jogar uma pena, ela não vai voar para baixo, ela vai voar para cima, ela é leve” - parece ter sido “adquirida” por ele independentemente de quaisquer estímulos visuais. Esta afirmação de S₁ aparenta refletir uma generalização feita pelo sujeito acerca do modelo aristotélico de lugar natural. De acordo com o que foi discutido anteriormente, Aristóteles separou o movimento em movimento natural e movimento forçado, sendo que o conceito de movimento natural afirma que, dependendo do tipo de elemento do qual um certo material é constituído, ele deveria ocupar um determinado lugar. Os materiais constituídos do elemento terra (“pesados”) ocupariam o centro do universo, isto é, teriam a tendência natural de cair. Os materiais constituídos do elemento ar e/ou fogo (“leves”) ocupariam seu lugar natural que seria a esfera lunar, ou seja, teriam um movimento natural para cima. Pode-se supor que para S₁, a pena, embora sólida, represente, por sua “leveza”, o oposto de objetos “pesados” como a bola e, portanto, deva subir. Acredita-se que o “surgimento” de tal convicção – C₁₁ – do ponto de vista dos estímulos sensoriais, não seja tão influenciado pelo estímulo visão, mas sim por estímulos auditivos, como intensidade do som resultante do choque de objetos com o solo e experiências cotidianas do ponto de vista tátil, como segurar um balão cheio de gás hélio.

E: Na sua opinião é natural as coisas caírem para baixo?

S₁: Quando é mais pesado, sim.

E: Mais pesado do que quem?

S₁: Mais pesado que o ar que faz a força que empurra ela.

E: O ar, na sua opinião, empurra as coisas para cima ou para baixo?

S₁: Depende do peso do objeto.

E: Depende do peso. No caso da bexiga?

S₁: Para cima.

E: No caso da bola?

S₁: Para baixo.

S₁ somente disse que a pena retornaria ao solo no trecho em que fora indagado precipitadamente pelo entrevistador.

E: Você acha que a pena vai voar para cima?

S₁: Vai.

E: E ela vai subir até onde?

S₁: Até onde ela tiver força, tiver alguma força para empurrar ela, ela vai.

E: E depois?

S₁: Depois ela cai.

Pode-se supor, especificamente para o caso da comparação entre a bola e a pena, que S₁ possa ter associado “peso” da bola com intensidade do som do choque da bola com o chão e “leveza” da pena ou do balão com a ausência de som proveniente de um não verificado choque entre estes objetos e o chão. Portanto, pode-se concluir que provavelmente S₁ tenha generalizado a partir de experiências táteis e auditivas, como as descritas, o conceito C₁₁.

As explicações apresentadas por S₁ para o movimento de objetos, como uma bola ou um carrinho de cordas, isto é, que continuam a se mover mesmo após cessar o contato entre esses objetos e o movedor, convergiram à teoria medieval de força impressa - C₉. Esta teoria desenvolveu-se principalmente a partir da crítica exercida inicialmente por Philoponus (século V) e posteriormente por Buridan (século XIV) ao conceito aristotélico de antiperistasis, que responsabilizava o ar pela continuidade do movimento de projéteis. Para esses filósofos, o motivo pelo qual alguns objetos moviam-se, mesmo não havendo mais contato entre eles e aquele que os puseram em movimento, era pela presença de uma força impressa, um poder imaterial que era transferido a esses objetos pelo movedor. Contudo, havia uma diferença fundamental entre Philoponus e Buridan no que se refere à diminuição do movimento dos objetos. Para Philoponus, os objetos, como por exemplo uma bola, após terem sido colocados em movimento, recebiam de seu movedor um poder imaterial que se esvaía espontaneamente e gradativamente até cessar o movimento; já para Buridan, que denominou esse poder imaterial de impetus, o fim do movimento dava-se pela sua diminuição (do impetus), devido às resistências oferecidas pelo meio. Parece que C₉ tende em assemelhar-se com as noções de Philoponus, o que segundo afirma Peduzzi (1996), é algo constatado por pesquisas na área de concepções alternativas: “A antiperistasis aristotélica é rejeitada pelo aluno. As explicações causais dos estudantes para o movimento de projéteis, na verdade, detêm analogias com o conceito ou idéia de força de impressa de Hiparco/Philoponus e com a teoria do impetus de Buridan e seus seguidores”.

A convicção C₁₆ refere-se à trajetória de esferas que abandonam tubos encurvados e retos. Nela pode-se encontrar uma semelhança com a generalização do conceito de impetus feita por seguidores de Buridan. Alguns teóricos do impetus, a fim

de explicarem o movimento de uma roda e a continuidade do movimento das esferas celestiais ao redor da Terra, postularam uma vertente da teoria de força impressa, isto é, um impetus circular. McCloskey (1980), encontrou junto a estudantes videntes, convicções semelhantes a esta $-C_{16}$. Segundo ele, a maioria de seus estudantes que desenhou trajetórias encurvadas acreditava que uma esfera que se move dentro de um tubo encurvado adquire uma força ou impulso que é responsável pela continuidade do movimento curvilíneo por algum tempo após ter deixado o tubo. Em relação a esse experimento, pediu-se para que S_1 descrevesse a trajetória de uma esfera após abandonar dois tipos de tubo, um reto e um encurvado, e, como se nota em C_9 , suas explicações foram de encontro ao conceito de impetus circular, demonstrando mais uma vez a tendência convergente entre o pensamento “espontâneo” e o referido conceito medieval.

As convicções C_{17} e C_{18} são discordantes da teoria de impetus no que se refere à teoria de impetus circular. Principalmente em C_{18} , verificou-se que a ausência de visão interfere de maneira significativa, pois S_1 , embora ouça o impacto da esfera com o solo, nunca foi capaz de ver que no caso específico desta experiência – uma esfera amarrada a um barbante girando sobre a cabeça – a trajetória descrita pela esfera quando o fio se rompe, é diferente da retilínea de cima para baixo. Em nenhum momento S_1 mencionou o deslocamento horizontal da esfera, para ele, a esfera deveria cair exatamente na vertical e sobre sua cabeça.

De uma maneira geral para este sujeito, notou-se grande tendência de seu pensamento espontâneo convergir às explicações do velho paradigma acerca do movimento, apesar de sua deficiência, pois, embora a visão seja um dos sentidos mais relevantes na interação do homem com o mundo físico, sentidos como audição e tato apresentam-se de maneira fundamental em tal interação. A consciência do “estar em movimento” não é apenas fundamentada e/ou adquirida pelo fato de que possa ser notada visualmente, mas principalmente porque pode ser percebida através de sensações táteis e/ou auditivas.

V- Conclusão

Procurou-se enfocar, sob aspectos históricos e visuais, as concepções alternativas de um sujeito (S_1). Verificou-se que, particularmente, para este sujeito existe uma forte tendência de suas idéias “espontâneas” convergirem aos modelos pré-científicos, elaborados principalmente por Aristóteles, no que se refere a princípios gerais de seu paradigma, como os de movimento forçado e de lugar natural, o que resulta no conceito de movimento natural. Um outro aspecto conceitual verificado junto ao pensamento espontâneo de S_1 foi o de força impressa, proposto por Philoponus e

complementado por Jean Buridan, acerca do movimento de objetos que não mantêm mais o contato com o movedor. Como apontam várias pesquisas nesta área, tais tendências também são verificadas junto a sujeitos não cegos e, portanto, podemos afirmar que S_1 , embora cego, não represente exceção à maneira espontânea de como o senso comum aborda questões relacionadas ao movimento.

Deste fato, poder-se-ia supor previamente que a “construção espontânea” de modelos explicativos do movimento, feita por qualquer pessoa não perita em Física, não parece depender fundamentalmente de aspectos visuais, embora estes sejam de fundamental importância na interação do homem com o meio físico. Especificamente para S_1 , verificou-se que sensações auditivas e táteis participam de modo relevante na “construção” de tais modelos. Acredita-se que tais aspectos, embora prévios, deveriam ser levados em conta por professores de Física que trabalhem com alunos cegos na construção de seu conhecimento científico pela superação de seus modelos espontâneos.

Alguns princípios gerais importantes para se adaptar o ensino às necessidades educacionais do aluno cego, como solidez, unificar experiência e aprender fazendo, devem ser estabelecidos. Destes princípios, conclui-se que o conhecimento do aluno educacionalmente cego é obtido principalmente através da audição e do tato. Para que o aluno realmente compreenda o mundo ao seu redor, devem ser apresentados objetos que possam ser tocados e manipulados. Através da observação tátil de objetos, o aluno pode conhecer a sua forma, o seu peso, a sua solidez, as qualidades de superfície e a sua maleabilidade (propriedades físicas dos objetivos). Como a experiência visual tende a unificar o conhecimento em sua totalidade, um aluno deficiente visual não consegue obter essa unificação, a não ser que os professores apresentem-lhe experiências como “unidades de experiência”. É necessário que o professor ponha “os todos” em perspectiva através da experiência concreta real e tente unificá-las através de explicações e de seqüências. Para que o aluno cego aprenda a respeito do ambiente é necessário iniciá-lo na auto-atividade. Como a visão domina praticamente todos os estágios da aprendizagem, que representa a base para muitos dos processos intelectuais superiores, torna-se importante oferecer alguma programação sistemática de experiências para as pessoas cegas.

Na continuidade desse trabalho, procuraremos enfocar a análise de entrevistas concedidas por outros sujeitos cegos, objetivando obter suas convicções e relacioná-las com modelos históricos de movimento, do mesmo modo que foi feito com S_1 . Provavelmente procederemos a algum tratamento estatístico, o que deverá ser publicado oportunamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP, pelo apoio financeiro, e ao Lar Escola Santa Luzia para Cegos, que permitiu a realização da entrevista com S₁.

Referências Bibliográficas:

- BAUGHMAN, J. e ZOLLMAN, D. Physics labs for the blind. The physics teacher. 1997. p. 339-342.
- BROWN, D. E. e CLEMENT, J. Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction: The underestimated importance of the third law. In J. D. Novak (ed.), Proceedings of the second International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics, Cornell University, Vol. III, 1987. p.39-53.
- CAMARGO, E. P. Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas. Bauru, 2000. 218 p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- COHEN, I. B. O nascimento de uma nova Física. São Paulo, Livraria Editora. 1967. p. 1-27 e 79.
- FRANKLIN, A. Principle of Inertia in the Middle Ages. American Journal of Physics 44 (6), p, 529-545.
- FRANKLIN, A. Inertia in the middle ages. The Physics Teacher.16 (4). 1978. p. 201-208.
- GARDNER, P. L. Physics students' comprehension of motion with constant velocity – The Australian science teachers. 31 (4). 1986. p. 27-32.
- HALLOUN, I. A., HESTENES, D. Common sense concepts about motion. American Association of Physics Teachers. 1985. p. 1056-1065.
- HISE, Y. V. Student Misconceptions in Mechanics: An International Problem? The Physics Teacher. 1988. p. 498-502.
- KOYRÉ, A. Estudos Galilaicos. Lisboa, Publicações Dom Quixote. 1986. p.22-23.
- KOYRÉ, A. Estudos de história do pensamento científico. In: O Pensamento Moderno. Brasília, Universidade de Brasília. 1991. p. 15-21.

- LINN, M. C., THIER, H. D. Adapting science material for the blind (ASMB): Expectation for student outcomes. Science Education (59). 1975. p. 237-246.
- LOCHHEAD, J., DUFRESNE, R. Helping students understanding difficult science concepts through the use of dialogues with history. *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. 1989. p. 221-229.
- MASINI, E. F. S. O perceber e o relacionar-se do deficiente visual; orientando professores especializados. Revista Brasileira de Educação Especial. 1990. p. 29-39.
- MCCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A., GREEN, B. Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. Science vol. 210. 1980. p. 1139-1141.
- MINSTRELL, J. Explaining the “at rest” condition of an object. The Physics teacher. 1982. p. 10-14.
- NARDI, R. Um Estudo Psicogenético das idéias que evoluem para a noção de Campo – Subsídios para a construção do ensino desse conceito. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 7 (Numero especial). 1990. p. 46-69.
- PEDUZZI, L. O. Q. Física Aristotélica: Por que não considerá-la no ensino da mecânica? Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 13 n.1. Abril, 1996. p. 48-63.
- PIAGET, J. E GARCIA, R. Psicogénesis e Historia de la Ciencia. In: _____. De Aristóteles a la Mecánica del Impetus: La Mecánica Medieval. 1 ed. Siglo Veintiuno Editores. 1982. p. 55-59.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. & GEORTZOG, W. A. Accommodation of a specific conception: towards a theory of conceptual change. Science Education, 66 (2). 1982. p. 211-227.
- ROBIN, N. & OHLSSON, S. Impetus then and now: A detailed comparison between Jean Buridan and a single contemporary subject. *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. 1989. p. 292-305.
- SEVILLA, J., ORTEGA, J., BLANCO, F., SÀNCHEZ, C., Physics for blind students: a lecture on equilibrium. Physics Education (26), 1991. p. 227-230.
- STINNER, A. The story of force: from Aristotle to Einstein. *Physics education*. 1994. p. 77-85.
- WEENS, B., A physical science course for the visually impaired. The physics teacher, 1977. p. 333-338.