

MAPAS CONCEITUAIS E CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS EM FÍSICA: UMA PROPOSTA DE ESTRUTURAÇÃO

CONCEPTUAL MAPS AND ALTERNATIVE CONCEPTIONS IN PHYSICS: A PROPOSAL OF STRUCTURING

Ruberley Rodrigues Souza

Instituto Federal de Goiás
E-mail: ruberley.souza@ifg.edu.br

Roberto Nardi

Universidade Estadual Paulista
E-mail: nardi@fc.unesp.br

Resumo

Apresentamos uma proposta de estruturação das concepções alternativas em mecânica por meio de um mapa conceitual, construído a partir de um levantamento bibliográfico sobre a identificação de concepções alternativas apresentadas por alunos de diversos níveis de ensino. Nosso objetivo foi mostrar que é possível representar esquematicamente em um mapa conceitual as possíveis relações intuitivas estabelecidas entre os conceitos físicos, que é possível estabelecer uma estruturação das concepções alternativas em Física. A utilização deste tipo de mapa conceitual poderá auxiliar o professor em seu planejamento diário, com a proposição de atividades que propicie ao aluno explicitar suas concepções alternativas e superá-las a partir de discussões em grupo.

Palavras-chave: mapas conceituais. concepções alternativas. ensino de física.

Abstract

We present a proposal to use of concept maps to the structuring of alternative conceptions in mechanics. We built this concept map from a literature review of articles, theses and books that identified alternative conceptions presented by students of different educational levels. Our goal was to show that you can represent schematically, in a single concept map, the possible intuitive relations between the physical concepts, namely that it is possible to establish a structure of alternative conceptions in physics. The teacher can use this kind of conceptual map in your daily planning. He may propose activities that provide the student explain their misconceptions and overcome them from group discussions.

Palavras-chave: conceptual maps. alternative conceptions. physics teaching.

1. INTRODUÇÃO

A existência de um conhecimento empírico de senso-comum que faz com que os estudantes cometam determinados erros já era de conhecimento da comunidade científica desde o início do século passado. Os estudos teóricos e empíricos, em psicologia, sobre as representações de mundo na criança remontam aos anos de 1920, com os primeiros trabalhos de Piaget. No entanto, foi somente a partir dos anos de 1960, com os estudos de Ausubel, centrados nas concepções prévias dos alunos e nas suas possíveis consequências para a aprendizagem, que a pedagogia despertou seu interesse por este tema (SANTOS, 1998; CARRASCOSA, 2005a).

Embora Piaget e Ausubel sejam apontados como precursores do Movimento das Concepções Alternativas (SANTOS, 1998), foi somente a partir da década de 1970 que as pesquisas em ensino de ciências passaram a focar as ideias que os estudantes, mesmo antes do ensino formal, traziam para as aulas sobre os fenômenos da natureza. A partir do trabalho de Viennot (1979), sobre raciocínio espontâneo em dinâmica elementar, houve um grande incremento de pesquisas que buscavam identificar tais ideias. Isto fez com que o conhecimento intuitivo apresentado pelos alunos ganhasse importância nos processos de ensino-aprendizagem, passando-se a aceitar que essas ideias, frequentemente em contradição com o conhecimento científico, interferem na forma de assimilação dos conceitos científicos, e que elas costumam persistir após a instrução (DRIVER, 1989).

As inúmeras pesquisas sobre as formas de pensamento apresentado pelos estudantes (PFUNDT; DUIT, 1994) conduziram à conclusão de que as representações espontâneas da criança são modos pessoais e naturais de organização dos dados da percepção relativa a um problema particular. São raciocínios espontâneos que conduzem, como diz Santos (1998, p.23-24), “[...] a uma resposta rápida, não reflexiva, considerada como evidente e cujas justificações são relativamente pouco explicitadas”. É com essas representações que a criança inicia a aprendizagem formal, e que se constituem como alternativa, e obstáculo, aos conceitos científicos.

Segundo Driver (1986), de todas as características das concepções alternativas, uma das mais preocupantes é sua estabilidade, sua resistência à mudança. Estas concepções persistem por longo período de tempo, apesar de intervenções educativas dirigidas para facilitar sua transformação. A autora conclui que esta persistência ocorre porque essas ideias são sentidas pelos alunos como sendo sensatas e úteis, como “[...] esquemas dotados de certa coerência interna [...]” (p.8), consistentes com os fenômenos físicos percebidos à sua volta. Assim, contradições lógicas internas, facilmente detectáveis quando se analisam tais concepções a partir dos modelos científicos de pensamento, não o são para os seus próprios autores que, tendo por base modelos de pensamento basicamente empiristas em domínios experimentais específicos, restritivos e penetrados por crenças e certezas prematuras, as consideram coerentes.

Inclusive, esta (in)coerência das concepções alternativas foi foco de divergências encontradas em diversos trabalhos. Se por um lado, há aqueles que rebatem o caráter coerente destas ideias, argumentando que elas não podem ser vistas como uma alternativa significativa e logicamente coerente ao conceito físico, e que os estudantes as usam para explicar situações distintas de forma casual, e, portanto, “os estudantes [...] não têm o que pode ser descrito como uma estrutura alternativa [...]” de pensamento (KUIPER, 1994, p.289). Por outro lado, há os que defendem seu caráter coerente, afirmando que não se tratam de ideias isoladas, mas que guardam entre si certa coerência interna que as reforça (CARRASCOSA; GIL, 1992).

Pintó, Aliberas e Gómez (1996) argumentam que o problema não é a coerência (ou falta dela) das ideias dos alunos, mas a falta de consistência em sua utilização. Em geral, o estudante não é muito consistente na utilização de suas concepções, pois este uso é fortemente dependente do contexto da situação proposta. Por exemplo, a linguagem utilizada na pergunta ou certos aspectos do contexto em que situa o problema podem influenciar na utilização de uma concepção ou outra. Podem-se obter resultados distintos ao planejar a mesma situação em um contexto cotidiano ou em um contexto científico.

Na realidade, o que ocorre, concordando com Viennot (1979), é que os alunos, muitas vezes, não se apercebem que há uma duplicidade de raciocínio, e que alguns deles podem ser contraditórios. Não se preocupam muito com a consistência mútua de tais ideias. Tendem a usar concepções diferentes para interpretar situações que exigem a mesma explicação e usam as mesmas concepções para interpretar situações que exigem explicações diferentes.

Além disso, essa forma particular do estudante raciocinar é fortemente influenciada pelas experiências físicas cotidianas e, principalmente, pelo uso da linguagem (oral e escrita) do dia-a-dia, tanto das pessoas com quem se relacionam quanto dos diferentes meios de comunicação (rádio, televisão, cinema, jornal, livros etc.), como por exemplo: a notícia “[...] de que os tripulantes de um satélite em órbita ao redor da Terra se encontram em estado de não gravidade, ou que na estação espacial vão realizar experimentos para comprovar como a ausência de gravidade afeta tal coisa” (CARRASCOSA, 2005a, p.195). Este tipo de afirmação reforça a ideia que muitas pessoas têm de que não há gravidade no espaço, ou seja, que a gravidade está diretamente relacionada à existência de atmosfera.

Outra possível fonte de reforço desse tipo de concepção pode ser os próprios livros textos de ciências, que, às vezes, trazem erros conceituais, tais como: “o peso do esquiador se distribui pelos esquis e por isso se afunda pouco; a pressão que exerce é menor que o peso [...]. Todo corpo material tende a mover-se na direção da força aplicada” (CARRASCOSA, 2005a). Além disso, Carrascosa argumenta que a superação das concepções alternativas pelos alunos é dificultada pelo fato de alguns professores desconhecerem sua existência e, às vezes, apresentarem concepções semelhantes às de seus alunos.

A superação dessas concepções alternativas, e a consequente assimilação do conhecimento científico, passa pela conscientização, pelo estudante, de que, embora suas ideias continuem a ser úteis em contextos do dia-a-dia, os conceitos científicos revelam-se muito mais úteis (SANTOS, 1998). Além disso, é importante, também, que se conscientize do fato de seu

conhecimento prévio não ser aplicável no domínio da ciência, ou seja, enquanto os conceitos científicos têm aplicação nos dois domínios, suas ideias anteriores têm aplicação apenas nos domínios do dia-a-dia.

Para isso, é fundamental que o professor tenha consciência da existência e resistência das concepções alternativas e de algumas das formas que estas estruturas conceituais podem tomar (WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981). Porém, não basta somente ter em mãos uma extensa lista das concepções alternativas identificadas anteriormente por pesquisadores em diversos lugares e contextos. É necessário buscar uma maneira de colocar em evidência os possíveis padrões de raciocínio dos alunos, que podem ser obtidos a partir das relações existentes entre os conceitos.

Neste sentido, mais importante do que a consciência da existência destas concepções alternativas é o conhecimento de como os conceitos se inter-relacionam na estrutura cognitiva do estudante. Mais importante que identificar as concepções alternativas dos estudantes é representá-las esquematicamente como estruturas para selecionar aspectos pedagogicamente importantes. A importância desta representação explícita está em seu potencial para revelar como o conhecimento dos estudantes está organizado (DYKSTRA; BOYLE; MONACH, 1992).

Buscando esta sistematização, Dykstra, Boyle e Monach (1992) propõem a utilização de mapas conceituais¹ para representar a estrutura cognitiva dos estudantes em diversas situações, como forma de visualização das mudanças conceituais ocorridas. Estes mapas constituem uma representação visual da hierarquia e relações entre conceitos que o indivíduo possui, convertendo-se, assim, em um elemento importante no planejamento da instrução e do currículo. Neste tipo de representação, as concepções não aparecem como componentes fragmentários, que funcionam de uma forma desordenada, mas, ao contrário,

10 mapa conceitual é uma técnica criada por Joseph Novak, em meados da década de 1970, com o objetivo de se colocar em prática as ideias de Ausubel sobre aprendizagem significativa no processo instrucional (MOREIRA; MASINI, 2006, p.51). São diagramas de significados, de relações significativas: de hierarquias conceituais (MOREIRA, 2006).

o faz de certa forma estruturada e com certo grau de lógica e coerência.

Neste trabalho, defendemos não apenas a elaboração de mapas conceituais pelos estudantes, de modo que se explicitem as relações existentes entre os conceitos, como propõe Dykstra, Boyle e Monach (1992). Defendemos a elaboração de um mapa conceitual que explicita as possíveis relações existentes entre os conceitos intuitivos, detectados em pesquisas realizadas anteriormente, de forma a propor uma estruturação para os mesmos.

Acreditamos que os mapas conceituais elaborados a partir das concepções alternativas dos estudantes têm um grande potencial para se tornar um relevante material didático. Além disso, a sua comparação com as relações conceituais cientificamente aceitas poderá ser utilizada como ponto de partida para o planejamento das atividades de ensino pelo professor.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa e de cunho bibliográfico, realizada a partir de um levantamento bibliográfico em livros, artigos, teses e dissertações publicados entre as décadas de 1970 e 2000, em que consistiu em identificar as concepções alternativas apresentadas por estudantes (WARREN, 1971; VIENNOT, 1979; WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; CLEMENT, 1982; WATTS, 1982; McCLOSKEY, 1983; SEBASTIÁ, 1984; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985a; RUGGIERO et al, 1985; SANMARTI; CASADELLA, 1987; ACEVEDO et al, 1989; NARDI, 1989; SEQUEIRA; LEITE, 1989; LABURU; CARVALHO, 1993; BAR et al, 1994; URE et al, 1994; CUNHA; CALDAS, 2001) e professores (TROWBRIDGE; McDERMOTT, 1980; 1981; WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; KRUGER; PALACIO; SUMMERS, 1992; VÁZQUEZ ALONSO, 1994; CUNHA; CALDAS, 2001) dos diversos níveis de ensino e em diversos países

Por ser uma pesquisa qualitativa, focamo-nos na parte descritiva das concepções alternativas em Mecânica, identificadas em estudos realizados por pesquisadores em diversas situações e diferentes países. Não nos detemos aqui em discriminar o quantitativo de alunos que apresentam determinada concepção, mas o como os pesquisadores indicam que estes conceitos se relacionam na estrutura cognitiva do aprendiz.

As informações obtidas foram analisadas conforme o dispositivo teórico da análise de conteúdo (BARDIN, 1977), a qual permitiu o estabelecimento das seguintes categorias: 1) movimento pressupõe existência de força (WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985a; POZO, 1987; SANMARTI; CASADELLA, 1987; URE et al, 1994); 1a) força proporcional à velocidade (VIENNOT, 1979; SEQUEIRA; LEITE, 1989; VÁZQUEZ ALONSO, 1994); 1b) invenção de força na direção do movimento (WARREN, 1971; WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; CLEMENT, 1982; SEBASTIÁ, 1984; VÁZQUEZ ALONSO, 1994; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985b; SEQUEIRA; LEITE, 1989; URE et al, 1994; CAMPANARIO; OTERO, 2000; CUNHA; CALDAS, 2001); 1c) invenção de força centrífuga para anular força centrípeta (VIENNOT, 1979; SEBASTIÁ, 1984; URE et al, 1994; VÁZQUEZ ALONSO, 1994); 1d) ação e reação atuando num mesmo corpo em

movimento circular (CARRASCOSA; GIL, 1992); 2) ação e reação com intensidades diferentes (WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; ZYLBERSZTAJN, 1983; URE et al, 1994; VÁZQUEZ ALONSO, 1994); 3) para existir força é necessário que haja contato (CARRASCOSA, 2005b); 4) inexistência de forças resistivas (CLEMENT, 1982; CARRASCOSA, 2005a); 5) força gravitacional pressupõe a existência de atmosfera (WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; WATTS, 1982; MOORFOOT, 1983; SANMARTI; CASADELLA, 1987); 6) aumento do peso com a altura (PEDUZZI; PEDUZZI, 1985b); 7) movimento do objeto depende de sua trajetória anterior (McCLOSKEY; CARAMAZZO; GREEN, 1980; CLEMENT, 1982); 8) semelhança com teorias medievais – impetus, animismo (McCLOSKEY, 1983; SANMARTI; CASADELLA, 1987; NARDI, 1989; SEQUEIRA; LEITE, 1989; CUNHA; CALDAS, 2001); 9) confusão entre velocidade aceleração e posição (TROWBRIDGE; McDERMOTT, 1980; LABURU; CARVALHO, 1993); 10) indistinção entre força e outras grandezas (pressão, energia, momentum...) (SANMARTI; CASADELLA, 1987).

A partir destas categorias elaboramos um mapa conceitual² (Figura 1) em que fossem explicitadas as possíveis relações alternativas entre os conceitos da mecânica que podem ser apresentadas pelos estudantes.

2Os mapas conceituais, contidos no presente trabalho, foram elaborados com a utilização do software *CmapTools*, desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC, 2008).

3. MAPEANDO AS ESTRUTURAS ALTERNATIVAS

As pesquisas sobre concepções alternativas fizeram com que, nas últimas décadas, houvesse uma significativa mudança nas perspectivas do ensino-aprendizagem da Ciência e, em particular, da Física. Atualmente, tem-se reconhecido que a aprendizagem escolar ocorre, fundamentalmente, a partir de uma interação entre o que o professor ensina (e/ou se estuda nos livros textos) e os conceitos pré-existentes na mente do estudante. A consequência disso é uma modificação parcial ou total da estrutura cognitiva do estudante. Dessa forma, para que o aluno adquira um conhecimento mais estruturado, menos influenciado pelo senso comum e mais próximo do conhecimento cientificamente aceito, é fundamental que o professor conheça suas ideias antes de planejar e iniciar o ensino.

Nesta perspectiva, a estruturação das concepções alternativas em Física, por meio da utilização de mapas conceituais, pode se tornar um relevante recurso de planejamento didático para os professores. No entanto, deve-se ter em mente que esses modelos intuitivos não são tão precisos, consistentes e completos como os científicos, e que a estruturação proposta não representa, de fato, um padrão de raciocínio, indistintamente, para todos os alunos. Na realidade, deve-se assumir uma perspectiva probabilística para o raciocínio apresentado pelo estudante, ou seja: a resposta de um aluno a uma questão concreta seria o resultado de um processo de decisão entre as diversas relações conceituais existentes.

Em outras palavras, dependendo do conhecimento prévio do aluno e da situação a que ele estiver submetido, ele poderá apresentar uma resposta a partir de um raciocínio alicerçado em uma ou outra relação conceitual explicitada no mapa conceitual da Figura 1. Por exemplo, o conceito de força é intuitivamente diretamente relacionado com o da velocidade (“força proporcional à velocidade”). Além disso, eles também não conseguem diferenciá-lo dos conceitos de momentum, potência, energia e pressão.

Figura 1. Mapa Conceitual das Concepções Alternativas em Mecânica.

Fonte: dados da pesquisa.

Este tipo de confusão é fortemente influenciado pela linguagem do dia-a-dia, que utiliza tais termos de forma indiscriminada, com significados diferentes e ambíguos. Além disso, não se pode esquecer que no mundo em que vivemos, onde o atrito está onipresente, deve-se empurrar continuamente um objeto para mantê-lo em movimento, caso contrário ele para depois de certo tempo. No entanto, segundo Clement (1982) e Carrascosa (2005a), o atrito não é reconhecido como força pelos alunos, o que faz com que eles acreditem que o movimento contínuo implica na presença de uma força contínua na mesma direção e sentido, como causa necessária para o mesmo. Como consequência, além da dificuldade de entendimento da relação entre força e aceleração ($F = ma$), os alunos apresentam também dificuldades para interpretar situações nas quais um objeto se move em uma direção (e/ou sentido) diferente daquela da força aplicada. Para contornar tal problema, muitas vezes, o aluno inventa uma força maior, no sentido do movimento, que suplanta a primeira. Esta força *inventada* tem como característica estar *armazenada* no corpo e possuir a propriedade de diminuir/aumentar ou extinguir-se de forma a explicar as mudanças na velocidade do corpo.

Na realidade, o grande problema das estruturas intuitivas é o não reconhecimento do movimento como um possível estado natural dos corpos. De uma maneira geral, os sujeitos aceitam apenas o repouso como estado natural dos corpos, e que o movimento somente existiria quando houvesse uma força associada ao objeto: “se um corpo está movendo há uma força atuando sobre ele na direção do movimento. Se o corpo não está se movendo não há força atuando nele” (WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981). Este tipo de pensamento também é comum para os movimentos curvilíneos, nos quais há, na visão alternativa, a existência de uma força tangencial à trajetória (ZYLBERSZTAJN, 1983; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985b).

Outro fator relevante das concepções alternativas é sua semelhança com algumas teorias antigas, que tiveram sua aceitação ao longo da história da ciência, mas que hoje não o são: como exemplos, têm-se as ideias intuitivas sobre força e movimento que se assemelham à mecânica aristotélica e a teoria medieval do *impetus*³ (CLEMENT, 1982). Afinal, em situações

3 Segundo esta teoria, proposta por Philoponus no séc. VI e desenvolvida pelo filósofo francês Buridan e outros no século XIV, um objeto colocado em movimento adquire um *impetus* que serve para manter seu

cotidianas é mais intuitivo considerar que quanto maior a força atuando num corpo maior será sua velocidade, do que considerar que essa força provocará uma variação de sua velocidade.

Tais semelhanças nos levam a refletir que: se estas teorias levaram séculos de discussões, e defesas de pontos de vistas, para serem superadas, então como poderíamos esperar que o aluno aceite uma nova teoria, oposta a sua visão de mundo, sem que lhe desse a oportunidade de expô-la, discuti-la e defendê-la, de forma que possa ser convencido que a nova teoria explica melhor o fenômeno? Isto equivale a dizer que um novo modelo teórico seria aceito pela comunidade científica, sem discussão, dependendo de quem o defendesse. Sabemos que, no meio científico, as coisas não acontecem desta forma, e da mesma maneira não podemos esperar que, em sala de aula, vá acontecer assim.

Embora haja divergências entre os pesquisadores, quanto a se considerar, ou não, a existência de um paralelismo entre as concepções alternativas e as teorias científicas já superadas, Perez e Carrascosa (1985) sustentam que tal proximidade entre tais conhecimentos é devido à semelhança da metodologia usada pelas crianças e pelos cientistas do passado. Carrascosa (2005b) argumenta que tal semelhança pode ser atribuída à tendência a extrair conclusões precipitadas, fazer generalizações acríticas baseando-se em observações meramente qualitativas, a realizar análises superficiais etc. – é o que se denomina de *metodologia da superficialidade* ou *metodologia do senso comum*.

Entretanto, isso não significa que o estudante deva reproduzir o andamento dos processos de pensamento percorridos pelo cientista da Antiguidade. Mesmo porque, o aparato conceitual de cada uma dessas estruturas cognitivas é bem distinto: enquanto as teorias antigas fundamentam-se em um paradigma bem estruturado, com noções logicamente articuladas em uma teoria altamente elaborada; o estudante responde baseado em sua

movimento. Para explicar o fato de que os corpos em movimento tendem a parar, alguns teóricos do impetus assumiram que ele se dissipa espontaneamente, enquanto Buridan argumentava que influências externas, como a resistência do ar, seriam responsáveis pela sua diminuição (REZENDE; BARROS, 2001).

“física intuitiva” (DRIVER, 1986). Contudo, há semelhanças suficientes para que o conhecimento dos erros do passado ajude professores e alunos a antecipar e a compreender as concepções alternativas do presente. Tais semelhanças poderão também contribuir para encorajar o aluno a não ter medo de errar, a desconfiar das suas certezas e a tentar descobrir e retificar sua própria maneira de pensar (SANTOS, 1998).

McCloskey (1983) argumenta que a forte semelhança entre as visões medievais e a dos sujeitos sugere que a teoria do *Impetus* poderia ser um produto natural da experiência das pessoas com o movimento na Terra. Afinal, não seria difícil pensar que a experiência do dia-a-dia conduz à ideia básica de que os objetos são mantidos em movimento por uma força interna que gradualmente se dissipa, já que na maior parte das situações, um objeto colocado em movimento acaba eventualmente parando. Este tipo de pensamento, segundo o autor, explica também o raciocínio dos alunos acerca da trajetória de projéteis lançados horizontalmente, que vai desde a queda imediata na vertical, ignorando a componente horizontal do movimento, até mudanças abruptas, ou segundo uma curva, para a vertical.

Este autor (MCCLOSKEY; CARAMAZZO; GREEN, 1980) constatou, também, que os estudantes apresentam um raciocínio semelhante ao do *Impetus* circular (postulada na Antiguidade para explicar tanto a manutenção da rotação de uma roda quanto para manter o movimento das esferas celestes em torno da Terra) para explicar a trajetória de uma esfera ao sair de um tubo curvo. Para estes alunos, um objeto, ao ser forçado a se movimentar em um caminho curvilíneo, adquire uma força que faz com que ele continue numa trajetória circular por algum tempo após ter abandonado o vínculo.

Por outro lado, os alunos têm dificuldades em analisar o tipo de trajetória descrita pelo movimento de queda livre de um objeto que se encontra no interior de um corpo que se desloca horizontalmente. Aliás, a questão de referencial é um grande problema enfrentado pelos estudantes, que, em geral, não têm consciência de que a forma da trajetória depende do referencial adotado. Segundo Carrascosa (2005b), a tendência é de eles apresentarem um

raciocínio no qual o objeto, ao perder o contato com o corpo que o conduzia, deixa de sofrer a ação da força que “o mantinha em movimento” e, portanto, cessa imediatamente esse deslocamento horizontal. Este tipo de raciocínio é semelhante ao pensamento aristotélico de que ao deixar cair uma pedra do alto de um mastro de um navio, que se desloca em águas tranquilas, ela cairá em um ponto afastado da base do mesmo.

Outro ponto fundamental no raciocínio dos estudantes, principalmente os mais jovens, é o fato de possuírem a crença de que somente os objetos animados (ou com características dos seres vivos) podem exercer forças. Nesta visão, os objetos inanimados servem, apenas, como barreiras (obstáculos) para parar ou redirecionar o movimento, mas não como agentes de força (HALLOUN; HESTENES, 1985). Acreditam também que a força, em vez de ser resultado de uma interação entre corpos, é transmitida de um corpo para outro e que esta transmissão somente se dá por contato, ou seja, a força somente é “transmitida” na presença de um meio material, não concebendo, portanto, a existência de forças de ação à distância.

Este tipo de raciocínio, reforçado pela linguagem cotidiana, leva os estudantes a pensarem que a gravidade é uma espécie de força provocada pela pressão do ar sobre os corpos situados próximos à superfície da Terra, ou seja, que somente existe gravidade na presença da atmosfera. Esta forma de pensar, segundo Nardi e Carvalho (1990, p.58), se assemelha ao modelo de “‘orbis virtutis’ de GILBERT, onde o ‘limite’ [da atração gravitacional] seria a atmosfera”. Como reforço a essa concepção, Sanmartini e Casadella (1987) argumentam que a divulgação na mídia de que os astronautas estariam realizando experimentos em um ambiente *sem gravidade*, quando sua nave orbita a Terra, pode induzi-los a pensar que ali, onde se encontram, não tem gravidade, tornando-se uma fronteira *natural* para a força gravitacional ser a mesma que a da atmosfera. Este tipo de relação faz com que os estudantes apresentem concepções do tipo: “A gravidade aumenta com a altura”, mas para quando termina o ar (WATTS, 1982, p.118); “O Sol não cai na Terra porque não há ar próximo do Sol e sem ar a força gravitacional não pode atuar” (BAR et al., 1994, p.159); na superfície

lunar os corpos flutuam “porque não há gravidade ou atmosfera na Lua” (WATTS; ZILBERZTAJN, 1981).

Essa não assimilação da força como uma interação entre dois corpos dificulta a compreensão, pelo aluno, da 3ª Lei de Newton. Além disso, o ensino deste conceito é, na maioria das vezes, feito de forma abstrata e quase sem sentido: *para toda ação há uma reação igual e oposta*. Este tipo de expressão não fornece qualquer ideia explícita de interação entre corpos, fazendo com que os estudantes desenvolvam modelos em que o par Ação/Reação atua no mesmo corpo (quando em equilíbrio/repouso) ou que uma delas tem maior intensidade que a outra (quando em movimento), no qual o corpo de maior massa, ou maior velocidade, exerce maior força. Zylbersztajn (1983) argumenta que o estudante cria um *pseudo* princípio de ação e reação, em que “se dois corpos estão interagindo para gerar um estado de movimento, então um deles deve estar exercendo uma força maior sobre o outro” (p.7), uma vez que um “princípio” como este é mais intuitivo que a 3ª lei de Newton.

Para Viennot (1979), este tipo de raciocínio é, às vezes, responsável pela tendência do aluno em inventar uma força *centrífuga* para equilibrar (anular) a força centrípeta que atua em um corpo em movimento circular, justificando, desta forma, a ausência de movimento na direção radial. Esta ideia intuitiva é reforçada pela forma com que o conceito de força centrípeta é trabalhado no ensino de Física a nível básico (Ensino Fundamental e Médio) e início do universitário. Warren (1971) argumenta que o problema está no fato de sempre que se nomeia uma força centrípeta, passa-se a falsa ideia de que se trata de uma força extra, que atua de forma indefinida no corpo, e não como um nome para a resultante das forças, neste caso particular. Este erro surge naturalmente da prática geral de se afirmar que, em um movimento circular, a força radial (por exemplo, gravitacional) é *igual* à força centrípeta.

Este tipo de raciocínio, corroborado pela concepção de que sempre há uma força na direção do movimento (ou vice-versa), impele o estudante a indicar uma *força centrífuga* atuando em um satélite artificial submetido à atração gravitacional terrestre (*força centrípeta*), de

modo a produzir um equilíbrio entre ambas, explicando, alternativamente, o motivo de não haver movimento na direção radial: “se o satélite não cai sobre a Terra, é porque outra força compensa a da gravidade” (CARRASCOSA; GIL, 1992); “a Lua é atraída pela Terra, porém essa força é contrabalanceada por outra força que ‘impede’ que a Lua ‘caia’ sobre a Terra” (URE et al, 1994, p.124).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada, nos artigos sobre concepções alternativas, nos permitiu a elaboração de um mapa conceitual que explicita uma das possíveis formas de se estruturar o conhecimento alternativo em mecânica. Ou seja, apresentamos em um único mapa conceitual as diversas formas de pensamento intuitivo em mecânica apresentado por estudantes das diversas etapas da educação.

O intuito desta pesquisa foi elaborar um material que propiciasse ao professor compreender melhor as dificuldades conceituais apresentadas pelos alunos, servindo, assim, como recurso didático nos processos de ensino e de aprendizagem. Acreditamos que esta representação das possíveis relações intuitivas poderá auxiliar o professor em seu planejamento diário. Ao visualizar a possível estrutura cognitiva do aluno, confrontando-a com o conhecimento científico, o professor poderá propor atividades que propicie ao aluno explicitar suas concepções alternativas, de forma a buscar, a partir de discussões em grupo, a superação das mesmas e contribuir para a aprendizagem dos conceitos cientificamente aceitos.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, J. A.; BOLÍVAR, J. P.; LÓPEZ-MOLINA, E. J.; TRUJILLO, M. Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 27-34, 1989.
- BAR, V.; ZINN, B.; GOLDMUNTZ, R.; SNEIDER, C. Children's concepts about weight and free fall. **Sci. Educ.**, v. 78, n. 2, p. 149-169, 1994.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 229p.
- CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, 2000.
- CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 183-208, 2005a.
- CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 388-402, 2005b.
- CARRASCOSA, J.; GIL, D. Concepciones alternativas en mecánica. Dinámica: Las fuerzas como causa del movimiento. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 314-328, 1992.
- CLEMENT, J. Students' precepts in intr. mechs. **Amer. J. Phys.**, v. 50, n. 1, p. 66-71, 1982.
- CUNHA, A. L.; CALDAS, H. Modos de raciocínio baseados na Teoria do Impetus: um estudo com estudantes e professores do Ensino Fundamental e Médio. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 23, n. 1, p. 93-103, 2001.
- DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las ciencias. v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.
- DRIVER, R. Student's conceptions and the learning of science. **Inter. J. Sci. Educ.**, v. 11, n. especial, p. 481-490, 1989.
- DYKSTRA, D. I.; BOYLE, C. F.; MONACH, I. A. Studying conceptual change in learning Physics. **Sci. Educ.**, v. 76, n. 6, p. 615-652, 1992.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion. **Amer. J. Phys.**, v. 53, n. 11, p. 1056-1065, 1985.
- IHMC. **IHMC CmapTools**. Software para elaboração de mapas conceituais, desenvolvido pelo

Institute for Human and Machine Cognition. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>>. Acesso em: 04 jul. 2008.

KUIPER, J. Student Ideas of Science Concepts: Alternative Frameworks?. **Inter. J. Sci. Educ.**, v. 16, n. 3, p. 279-292, 1994.

KRUGER, C.; PALACIO, D.; SUMMERS, M. Survey of English primary teachers' conceptions of force, energy and materials. **Science Education**, v. 76, n. 4, p. 339-351, 1992.

LABURU, C. E.; CARVALHO, A. M. Pessoa de. Noções de aceleração em adolescentes: uma classificação. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 15, n. 1-4, p. 61-73, 1993.

MCCLOSKEY, M. Intuitive physics. **Scient. Amer.**, v. 248, n. 4, p. 114-122, 1983.

MCCLOSKEY, H.; CARAMAZZO, A.; GREEN, B. Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about the motion of objects. **Science**. v. 210, n. 4474, p. 1139-1141, 1980.

MOORFOOT, J. J. An alternative method of investigating pupils' understanding of physics concepts. **Sch. Sci. Rev.**, v. 64, n. 228, 1983.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006. 103p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006. 111p.

NARDI, R. **Um estudo psicogenético das ideias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito**. 292f. 1989. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. A gênese, a psicogênese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 7, n. especial, p. 46-69, 1990.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de newton. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 2, n. 1, p. 6-15, 1985a.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. Força no movimento de projéteis. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 2, n. 3, p. 114-127, 1985b.

PEREZ, D.; CARRASCOSA, J. Science learning as conceptual and methodological change. **Eur. J. Sci. Educ.**, v. 7, n. 3, p. 231-236, 1985.

PFUNDT, H.; DUIT, R. **Student's Alternative Frameworks and Science Education**. 4. ed. Universidade de Kiel: Alemanha, 1994. 288p.

PINTÓ, R.; ALIBERAS, J.; GÓMEZ, R. Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 221-230, 1996.

POZO, J. I. La historia se repite: las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la

gravedad. **Infancia y Aprendizaje**, v. 38, p. 69-87, 1987.

REZENDE, F.; BARROS, S. S. Teoria Aristotélica, Teoria do Impetus ou Teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica Básica. **Rev. Bras. Pesq. Educ. Ciênc. Porto Alegre**, v. 1, n. 1, p. 43-56, 2001.

RUGGIERO, S.; CARTELLI, A.; DUPRÈ, F.; VICENTINI-MISSOMI, M. Weight, gravity and air pressure: Mental representations by Italian middle school pupils. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 2, p. 181-194, 1985.

SANMARTI, N.; CASADELLA, J. Semejanzas y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y especialmente del de fuerza de gravedad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 53-58, 1987.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula**: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado. 2. ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998. 262p.

SEBASTIÁ, J. M. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 161-169, 1984.

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. O raciocínio causal e a explicação de fenômenos do âmbito da mecânica. **Rev. Port. Educ.**, v. 2, n. 3, p. 13-28, 1989.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. **Am. J. Phys.**, v. 48, n. 12, p. 1020-1028, 1980.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. **Am. Jour. Phys.**, v. 49, p. 242-253, 1981.

URE, M. H.; MÜLLER, G.; SEBASTIÁ, J. M.; MARTÍNEZ, A. A. Concepciones Intuitivas de los estudiantes (de Educación Media y la Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 16, n. 1-4, p. 120-128, 1994.

VÁZQUEZ ALONSO, A. El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 3-14, 1994.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **Eur. J. Sci. Educ.**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

WARREN, J. W. Circular motion. **Phys. Educ.**, v. 6, n. 2, p. 74-78, 1971.

WATTS, D. M. Gravity - don't Take it for Granted! **Phys. Educ.**, v. 17, n. 3, p. 116-121, 1982.

WATTS, D. M.; ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some children's ideas about force. **Phys. Educ.**, v. 16, n. 6, p. 360-365, 1981.

ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Rev. Ens. Fís.**, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983.