

Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de astronomia

Cristina Leite e Yassuko Hosoume

Instituto de Física. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil. E-mails: crismilk@if.usp.br e yhosoume@if.usp.br

Resumo: A observação direta do céu nos fornece apenas informações bidimensionais, sendo a tridimensionalidade uma construção mental que precisamos aprender. A espacialidade é uma característica intrínseca do ensino de Astronomia e tem sido pouco explorada.

Pesquisas sobre concepções em astronomia utilizam metodologias que resultam em descrições bidimensionais por serem realizadas através de questionários, representações em desenhos e entrevistas baseadas em perguntas e respostas. Essa característica dos dados dificulta a realização de inferências sobre os conhecimentos relativos à terceira dimensão. Para superar essa limitação, elaboramos uma metodologia de tomada de dados na forma de entrevista semi-estruturada, em que o entrevistado constrói uma representação de sua percepção de Universo em um espaço tridimensional. Nela participam a forma dos astros, suas localizações espaciais e seus tamanhos, distâncias e movimentos relativos.

A aplicação dessa metodologia em três pesquisas nos permitiu obter resultados relativos ao aspecto espacial como o de inferir que alunos e muitos professores têm uma visão exclusivamente geocêntrica, normalmente associada apenas à percepção imediata dos fenômenos e dos objetos que compõem o Universo, concebendo a Terra, a Lua e o Sol como objetos planos ou, ainda, localizando a Lua, as estrelas e os planetas em um mesmo espaço logo acima da superfície da terra.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia; ensino de Ciências; espacialidade.

Title: Exploring the spatial dimension in the research on Astronomy Teaching

Summary: Observing the sky directly, we can only obtain two-dimensional information. Tridimensional view is a mental construction that we need to learn. The spatiality is a characteristic of the astronomy teaching and it has not been much explored.

Researches about astronomy conceptions use methodologies that result on two-dimensional description because they are based on questionnaires, drawing and question-answer interviews. This data characteristic makes it more difficult to infer tridimensional knowledge. To go through this limitation we constructed a methodology based on semi-structured interviews on which the interviewed person constructs a representation from his/her perception of the Universe in a tridimensional space. In this representation are included the shape of stars and planets, their spatial locations and size, distances and relative movements.

After the use of this methodology in three researches, we obtained results about the spatial aspect, like the inference that students, and many teachers, have a geocentric view. This view is generally associated to the description of the Earth, Moon and Sun as plan objects or, localizing the Moon, the stars and the planets in the same large space right above the Earth's surface.

Keywords: Astronomy teaching, Science education, spatiality

O Ensino da Astronomia e a espacialidade

O nome Astronomia normalmente nos remete à idéia de uma ciência relacionada ao 'espaço' e, então, nomes como planetas, estrelas, luas, satélites artificiais, viagens espaciais etc. vêm rapidamente a nossa mente. A maior parte desses objetos celestes pode ser observada regularmente no céu. No entanto, devido à grande distância, o nosso aparato visual fornece informações imprecisas ou ambíguas (Szamosi, 1986), em que os astros parecem todos planos ou pontos. A visão, nosso órgão de sentido mais utilizado no contato com o mundo, necessita de ajuda para a identificação de formas, tamanhos e distâncias, mesmo para o nosso "quintal", o Sistema Solar. Afinal, o limite em que estamos inseridos, segundo Casati (2001), é cognitivo e não apenas visível.

Não é apenas o nosso aparelho visual que contribui para uma visão espacial. Alguns autores, como Piaget (1975), Robilotta (1985), Thuillier (1994), entre outros, têm nos chamado a atenção para o caráter de construção da terceira dimensão, a profundidade, e, principalmente, para sua natureza cultural. Esse é um aspecto importante, já que, em nossa experiência cotidiana, a noção de espaço tridimensional nos parece bastante intuitiva e natural. É muito comum observar objetos próximos e imaginá-los em três dimensões. O mesmo ocorre em fotografias, desenhos, pinturas etc. E, normalmente, nem nos damos conta de que isso foi aprendido.

Robilotta (1985) discorre sobre a terceira dimensão, a profundidade, como algo construído. O autor ressalta que somente através da possibilidade de movimentação do homem e/ou de sua experiência tátil recorrendo sempre a sua memória, seria possível "observar" a profundidade de um objeto. Quando "vemos" um objeto, percebemo-lo em apenas duas dimensões: para cima e para baixo, para esquerda e para a direita, porém sua profundidade só é obtida a partir do momento em que o observamos por completo. Assim, reconhecemo-lo como o mesmo objeto, visto de diferentes ângulos, ou seja, em três dimensões. Essa percepção torna-se tão automática que a tomamos como natural, esquecendo-nos de seu caráter de construção. Dessa forma, é através da nossa capacidade de locomoção e da memória (reconhecimento) que construímos a dimensão da profundidade do objeto, ou seja, a noção de terceira dimensão, como profundidade, é uma síntese das visões particulares.

No nosso caso, observamos objetos no céu apenas bidimensionalmente. Apesar desses objetos se movimentarem, não costumamos observar isso, devido a distância e, principalmente, pela permanência visual da forma (estamos excluindo a Lua, pois ela nos mostra apenas uma mesma face e, além disso, está sempre mudando sua forma aparente, através de suas

fases). Para um observador experiente, consciente dos movimentos de rotação dos objetos celestes e de nosso movimento em torno do Sol, a conservação da forma de disco do objeto, após um giro completo, é o que fornece a imagem de uma esfera. Como é impossível que cada um de nós passeie pelo Universo, a visão que temos desses objetos celestes é construída de um ponto fixo na Terra. Assim, é preciso observar os movimentos dos astros para que enxerguemos sua terceira dimensão.

Conteúdos de Astronomia, normalmente propostos para o Ensino Fundamental, abarcam alguns conceitos como dia e noite, fases da Lua, estações do ano e eclipses, conhecidos como os “fenômenos” na Astronomia escolar e comumente observados no nosso dia-a-dia. No entanto, nenhum desses “fenômenos” prescinde de um conhecimento espacial tanto da forma dos astros envolvidos quanto da dinâmica de seus movimentos.

O mesmo caráter intuitivo, natural e simples em que “vemos” normalmente os objetos, seja em sua forma, distância ou tamanho, nos deixa esquecer que nem sempre essa tarefa é simples, como no caso da Astronomia. E, então, alunos, professores e as pessoas em geral se esquecem que, em se tratando de grandes ou pequenas escalas, é imprescindível aprender a ver. Esse “ver tridimensional” não é mais intuitivo e natural. Muito pelo contrário. Ele é bastante complexo, necessitando de nossa atenção e cuidado durante a sua aprendizagem.

Autores como Piaget (1975), Thuillier (1994) e Kriner (2004) concordam sobre a dificuldade requerida na visão espacial, chamando-nos especial atenção para esse aspecto.

“...‘las fases de la Luna’, un contenido complejo de enseñar y difícil de aprender debido al alto grado de abstracción de los conceptos y el conocimiento espacial que requiere.” (kriner, 2004, p.111).

“es fácil mostrar que las coordenadas perceptuales (horizontal y vertical) – que hemos visto ya, está lejos de estar presentes desde el comienzo – se construyen poco a poco hasta alrededor de los 8-9 años y dependen de toda una actividad de comparación y establecimiento de relaciones (entre los objetos considerados y los elementos de referencia) que va mucho más allá de la percepción simplemente receptiva.”. (Piaget, 1975, p.168).

“Observemos apenas que a visão espacial é um fenômeno muito complexo, que envolve a aprendizagem, a memória, os processos de ‘compensação’, as relações com as informações táteis etc. A perspectiva linear clássica, a despeito de seu interesse, não pode ser considerada como dotada de valor absoluto. Ela é cômoda, ela dá uma certa satisfação ao intelecto; mas outros sistemas são possíveis (como a perspectiva dita ‘curva’ ou ‘curvilínea’, cujo princípio é conhecido desde muito tempo)”. (Thuillier, 1994, p.83).

Thuillier (1994) enfatiza que a visão espacial é um fenômeno complexo. Piaget (1975) afirma que o sistema de coordenadas, por exemplo, característica de uma visão mais aprofundada do espaço, é ponto culminante do processo de visão espacial e Kriner (2004) explicita claramente a dificuldade inerente à compreensão de assuntos da Astronomia, como as fases da Lua, especialmente pela alta abstração necessária e pelo conhecimento espacial exigido.

Sadler & Luzader (1990) se referem à astronomia como "ciência espacial" e afirmam que, em função disto, os estudantes possuem grandes dificuldades em compreender as relações espaciais inseridas na maior parte dos livros didáticos. Hill (1990) afirma que alguns conhecimentos astronômicos não foram construídos por observação direta, como é o caso da forma esférica da Terra, da órbita heliocêntrica do nosso planeta ou da verificação das estrelas como muito distantes do Sol. Assim, Hill propõe maior cuidado ao ensinar estes temas, pois é preciso uma habilidade pouco usual: o pensamento espacial. Mathewson (1999) também chama especial atenção dos educadores para não esquecer este importante aspecto da ciência: o pensamento espaço-visual.

Ao longo do nosso percurso em trabalhos de formação continuada de professores e pesquisa no ensino de Astronomia, observamos muitas dificuldades envolvidas no processo de compreensão das formas, dos tamanhos e das distâncias de objetos astronômicos. A forma esférica da Lua ou das estrelas ou os tamanhos e distâncias relativos dos planetas do Sistema Solar e, até mesmo, a forma do planeta que habitamos são alguns exemplos de dificuldades. Dificuldades dessa natureza são identificadas por Nussbaum & Novak (1976); Mali & Howe (1979); Nussbaum (1979); Baxter (1989); Nardi (1989); López et al. (1995); Canalle et al. (1996); Bisch (1998); Trevisan et al. (2003); Leite (2002), Leite (2006) e Leite & Hosoume (2007), entre outros.

Não é sem motivos que existe uma grande dificuldade tanto na compressão quanto na explicação de fenômenos como fases da Lua e estações do ano. De fato, a dificuldade precede ao entendimento dos fenômenos, começa pela forma, passa pelo movimento espacial e vai até a abstração na visualização dos astros em diferentes referenciais.

Outros pesquisadores da área de ensino de astronomia também comentam sobre as dificuldades no processo de ensino/aprendizagem e as concepções alternativas relacionadas à astronomia. (García Barros et al., 1997; Bretones, 1999; Maluf, 2000; Teodoro, 2000; Langhi & Nardi, 2005).

Se pensarmos nas aulas tradicionais, a utilização de esquemas desenhados no quadro negro é muito comum, entretanto, esses não proporcionam uma visão tridimensional dos elementos da astronomia. Nos livros didáticos, até pela sua natureza bidimensional, o mesmo ocorre. Dessa maneira, é interessante notar que se pode 'aprender'/'ensinar' quase toda a astronomia, contida nos materiais instrucionais do ensino fundamental, sem uma real compreensão da forma geométrica dos astros e de suas posições e relações no espaço. Sabemos que esse desconhecimento possui uma série de implicações e, principalmente, muitas limitações. Delizoicov et al. (2002) chamam à atenção para o fato de que as ilustrações em livros didáticos, representando projeções bidimensionais podem levar à construção errônea de conceitos, relações e dimensões. Embora muitas das representações distorcidas de sistemas ou fenômenos relativos à astronomia em livros didáticos de Ciências, como a acentuada forma elíptica das órbitas dos astros do sistema solar ou a forma da Terra exageradamente achatada nos pólos, já tenham sido corrigidas após o último PNLD (Plano Nacional do Livro Didático), algumas figuras propiciam interpretações errôneas, como é caso da presença de estrelas nas

ilustrações do Sistema Solar ou ainda o alinhamento dos planetas (Leite & Hosoume, 2005).

Por outro lado, a mesma limitação é encontrada em investigações relativas a concepções alternativas em conteúdos de astronomia, já que, na maioria destes trabalhos o desenvolvimento da pesquisa é feito através de respostas a questionários, representações de desenhos e entrevistas baseadas em perguntas e respostas. Em geral, em todos esses procedimentos metodológicos, comparecem apenas descrições bidimensionais. Essa característica de bidimensionalidade dos dados dificulta a realização de inferências sobre os conhecimentos das formas dos objetos astronômicos e da estruturação espacial do universo astronômico por meio da localização dos mesmos no espaço e das relações entre eles.

Na tentativa de superar as limitações decorrentes dos procedimentos de pesquisa que resultam em material de análise bidimensional, elaboramos um procedimento experimental, que envolve uma representação dos objetos astronômicos tridimensionalmente e que possibilita dados com potencial para inferências de características espaciais.

Essa metodologia para a obtenção de material de análise com elementos espaciais foi utilizada em três pesquisas: na investigação do nível e da natureza da construção da terceira dimensão, no/do espaço cosmológico, pelos alunos do ensino fundamental (7-14 anos) (Bisch, 1998), pelos professores de Ciências, responsáveis pelo ensino de Astronomia no Ensino Fundamental (Leite, 2002 e Leite & Hosoume, 2007) e, em uma terceira pesquisa que envolveu a construção de uma estratégia de ensino de Astronomia sob a perspectiva da tridimensionalidade (Leite, 2006). Trata-se de uma estrutura de entrevista que possibilita uma visualização de um modelo espacial de universo, constituído de objetos escolhidos pelo entrevistado e que representam os elementos astronômicos e suas localizações no espaço. Tal estrutura espacial também permite observar os movimentos relativos dos mesmos.

Esse trabalho tem o objetivo geral de apresentar a metodologia utilizada nessas três pesquisas, identificando os particulares elementos da dimensão espacial que podem ser explorados por cada uma delas, exemplificados pelos resultados obtidos das entrevistas com os professores de Ciências.

Metodologia de tomada de dados: entrevista

Para tornar a compreensão das etapas da metodologia de tomada de dados mais concreta, é utilizado o relato da pesquisa realizada com os professores (Leite, 2002 e Leite & Hosoume, 2007). As outras duas serviram para comprovar a potencialidade dessa metodologia.

Para a coleta do material de análise foi utilizada a metodologia da entrevista semi-estruturada juntamente com a da observação participante, na qual a identidade do pesquisador e os objetivos da pesquisa são revelados aos professores participantes desde o início. A entrevista tratou de uma interação estabelecida entre o pesquisador e o professor, durante a realização de várias atividades práticas, onde não houve a imposição de uma ordem rígida de perguntas. A vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação direta e contínua da informação desejada e o

aprofundamento de pontos que em outras técnicas, como o questionário, seria superficial (Lüdke & André, 1986).

A entrevista individual foi registrada em vídeo e por não seguir um roteiro fixo, perguntas foram reformuladas, construídas ou mesmo excluídas, dependendo das respostas do entrevistado. A entrevista versou sobre atividades práticas que envolviam representações espaciais e temporais de objetos astronômicos e de relações estabelecidas entre eles. Abaixo segue a estrutura da entrevista.

Para a execução das atividades a sala de entrevista foi equipada com uma estante portando diferentes objetos feitos de isopor: esferas coloridas, discos, meias-luas, placas planas etc., e vários fios de barbante suspensos a partir do teto da sala, nos quais o entrevistado poderia prender, numa posição do espaço, os objetos que escolhesse para representar os astros e outros elementos. Quando não havia nada semelhante ao que ele gostaria de representar, neste momento era montado um objeto com a forma, as cores, os detalhes ou o local desejados.

Fase 1) Inicialmente o professor/entrevistado é solicitado a preencher um formulário contendo questões sobre sua atividade de docência e sua formação inicial e continuada. O objetivo desta fase foi caracterizar esse professor, procurando conhecer sua área de formação específica, seu grau de conhecimento em Astronomia, sua experiência docente e também verificar a existência ou não de temas da Astronomia em suas aulas.

Fase 2) Com o objetivo de verificar quais os elementos o professor julga fazer parte do Universo tem início a entrevista através da solicitação para que ele desenhe um céu e/ou Universo. Em seguida, é solicitado para que ele represente a Terra através de um desenho. Caso objetos como Lua, Sol e estrelas não estejam representados no desenho do céu ou do Universo, é pedido que o faça separadamente. Estas representações, através de desenhos, foram coletadas com o objetivo de identificar os elementos e as características presentes nesse tipo de representação plana e de comparar com a representação espacial a ser elaborada pelo professor nas fases posteriores.

Fase 3) A seguir, é solicitado ao professor que observe a estante de materiais (Foto 1), escolha o objeto que melhor representa a Terra e o coloque em um local da sala, utilizando os barbantes pendurados (Foto 2). Sobre o objeto representando a Terra no espaço, é solicitado que o professor coloque um boneco representando uma pessoa na superfície da Terra. Esta fase teve o objetivo de identificar elementos da concepção de Terra do professor pela escolha do objeto representativo da Terra e do local, associada à forma como o boneco é posto na Terra.

Fase 4) Em seguida, o professor é introduzido em um contexto de viagem espacial, em que se questiona a sua opinião sobre a utilização da nave MIR (que, na época, estava em processo de desativação) como veículo de passeio turístico. Sugerindo uma viagem imaginária é solicitada ao professor a escolha de um local a ser conhecido de sua preferência, um objeto para representá-lo e sua localização inserindo-o no espaço através dos barbantes pendurados. Também são solicitadas ao professor algumas características do local escolhido. A viagem tem prosseguimento para vários

outros lugares e para cada um deles foram pedidos um objeto representativo e sua localização no espaço. Caso, em sua viagem, o professor não escolhesse o Sol, a Lua, as estrelas e, pelo menos, um planeta, ele foi incentivado a incluí-los em sua estruturação espacial através de perguntas, como: "E o Sol, onde estaria?". Isso foi feito porque consideramos importante identificar a forma e a localização desses objetos para a interpretação da estrutura do Universo de cada professor.



Foto 1.- Estante de materiais



Foto 2.- Barbantes pendurados

Fase 5) Dando seqüência a entrevista, são feitas perguntas sobre buraco negro, estrela cadente, galáxias e constelações, no caso de não estarem presentes nas fases anteriores, com o objetivo de identificar as visões gerais desses temas tão comuns na mídia e na divulgação científica.

Fase 6) Após construída a representação do Universo, que corresponde ao conjunto de elementos articulados em suas localizações espaciais, é solicitado ao professor uma descrição oral desta sua construção, explicitando elemento por elemento, para a confirmação das hipóteses levantadas sobre o Universo estruturado por ele.

Fase 7) Na fase final, o professor é solicitado a explicar o motivo da ocorrência de fenômenos como dia e noite, estações do ano, eclipses e fases da Lua. Em seguida, utilizando a sua representação espacial anteriormente construída, é solicitado que o professor execute os movimentos relativos dos astros que representam estes fenômenos. A verificação da coerência entre a explicação teórica e a apresentada com o uso da estrutura espacial construída foi um dos objetivos desta etapa.

Todas as fases da entrevista foram importantes e em cada uma delas foi possível extrair elementos que indicassem a forma de pensar os objetos da Astronomia e suas relações espaciais.

Procedimento de análise do material

A metodologia de tomada de dados e a da análise do material coletado apresenta vínculos indissociáveis, no sentido de que uma determina a natureza da outra, e, nesse tipo de pesquisa, a análise qualitativa, na perspectiva de Bogdan & Biklen (1994) e de Lüdke & André (1986), foi

aquela que possibilitou capturar “a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas” Lüdke & André (1986, p.12)

Após a observação e análise preliminar exaustiva do material gravado, foi possível moldar o olhar para detectar elementos comuns nas diferentes entrevistas que permitiriam inferir percepções de visão de universo e também elementos singulares que poderiam fornecer informações particulares sobre o modo de pensar de um determinado professor. Esse procedimento seguiu de perto as técnicas de análise de conteúdo proposto por Bardin (1995), definidas pela autora como

“um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens”. (Bardin, 1995, p.42).

Buscando transcender a leitura direta se procurou compreender o sentido da comunicação, para atingir “uma outra significação, uma outra mensagem entrevista através ou ao lado da mensagem primeira” (Bardin, 1995, p.41). Com esse procedimento, foi possível definir dimensões de análise e, por meio da elaboração e articulação de categorias de respostas sobre as várias características dos elementos constituintes no/do espaço astronômico, em termos de formas e posição no espaço e das articulações dos mesmos, procuramos inferir “modelos” das formas de pensar dos professores sobre o Universo. Isso não significa que eles pensem realmente dessa forma: são modelos que explicam ou dão sentido às respostas e às relações, apresentadas por eles nas entrevistas.

Natureza dos resultados obtidos

As categorias de análise elaboradas para interpretação das entrevistas estão intimamente relacionadas aos aspectos espaciais dos elementos astronômicos e da estrutura do universo construídos pelos professores. Serão apresentados resultados exemplares; em particular, aqueles relativos à forma e aos movimentos de alguns astros, bem como a estrutura do Universo como um todo, em que a concepção de céu é bastante importante nesta estruturação.

1) Forma da Terra e dos demais astros representados

Apesar da veiculação constante, seja na mídia ou nos livros didáticos, da forma esférica da Terra, esse astro é, muitas vezes, apresentado como um objeto plano (Foto 3). Em alguns momentos, as representações esféricas, na verdade, parecem uma tentativa de associação entre o plano, local em que vive e o esférico, representação divulgada pela mídia e pela escola, do planeta Terra. Fazem parte deste conjunto de representações, a Terra oca (esférica, porém com as pessoas vivendo dentro dela, Foto 4- superfície da Terra entre as duas semi-esferas), ou esférica, em que as pessoas vivem em sua superfície externa, porém com verticalidade absoluta, em que o sentido da gravidade é “para baixo” e não para o centro da Terra (Foto 5 – na esfera que representa a Terra, todas as copas das árvores estão dirigidas para “cima”).



Foto 3.- Terra Plana



Foto 4.- Terra Oca



Foto 5.- Verticalidade absoluta

Assim como a Terra, foi identificado que alguns de nossos entrevistados concebem a Lua, o Sol e as estrelas como objetos planos: a meia-lua, o disco, as estrelas de cinco pontas etc.

2) Estrutura do céu e do Universo

O céu, muitas vezes, foi representado como algo que está “no topo”, em cima da Terra, com as estrelas, a Lua e o Sol dispostos no alto da folha do desenho (fase 2 da entrevista) ou no topo da montagem do “universo” (final da fase 4 da entrevista).

Quanto à estrutura das representações do Universo, os resultados mostram que, na concepção mais ingênua dos professores, ele é concebido como algo composto e disposto da forma como é visto em uma observação imediata do céu, ou seja, a Terra está posicionada abaixo e o céu contém a Lua, o Sol e as estrelas acima (Foto 6). Uma outra representação é aquela concebido pelo livro didático (Foto 7), com os astros enfileirados e em um mesmo plano. Foi denominada de Universo “em camadas” (Foto 8) a estruturação em que o Universo é constituído por duas ou mais camadas, cada uma delas formada por astros de natureza semelhante, ou, de alguma forma, associados, como por exemplo, uma camada com planetas e outra com Lua, Sol e estrelas.



Foto 6.- Universo Terra e céu



Foto 7.- Universo Plano



Foto 8.- Universo em Camadas

3) Fenômenos

No que diz respeito aos fenômenos astronômicos, aspecto mais desenvolvido na pesquisa, foram detectadas muitas dificuldades na explicação dos mesmos. Os conceitos científicos e as concepções pessoais parecem misturar-se, resultando em explicações bastante confusas. Frequentemente os professores começam suas explicações com descrições “prontas” e decoradas, normalmente usadas em sala de aula e ao ser solicitado que usassem os objetos representativos dos astros envolvidos nos fenômenos, os professores, mostravam dificuldades em representar movimentos no espaço. Falavam em rotação ou translação, mas tinham

dificuldades em fazer esses movimentos com a Terra representada por eles, principalmente se a representação fosse de uma Terra plana. Em outra situação, embora os professores afirmem que as estações do ano ocorrem devido à inclinação do eixo de rotação e ao movimento de translação da Terra, utilizando as representações por eles construídas, não conseguem realizar o movimento de translação e muito menos posicionar o eixo de rotação da Terra. Tal situação tornava-se insolúvel quando os objetos representando o Sol e a Terra não se encontravam em um plano horizontal, dificultando a visualização do movimento da Terra em torno do Sol, por exemplo, em um plano vertical. Quando questionados sobre o fato de existirem estações diferentes nos dois hemisférios, eles freqüentemente surpreendem-se com esse fato; parecem nunca ter observado ou percebido essa ocorrência. Esta dificuldade em representar no espaço os movimentos relativos dos astros também acontece na explicação de outros fenômenos como as fases da Lua, os eclipses e, até mesmo, com o dia e a noite.

4) Distâncias no espaço

Um aspecto que merece destaque é o fato das estrelas, muitas vezes, estarem representadas em meio aos planetas, apesar de, no nível teórico, alguns entrevistados afirmarem que as estrelas e o Sol são objetos semelhantes. Normalmente os entrevistados associavam as estrelas a objetos frios e pequenos, bem diferente das características que apresentavam para o Sol. Nesta forma de conceber estrelas está a observação direta bidimensional do céu em que estrelas, Sol e Lua parecem estar a uma mesma distância.

Além da inserção de estrelas no meio do Sistema Solar, há ainda outras características relativas a dificuldades nas relações espaciais como é o caso da representação da Lua com tamanho similar ao Sol ou mesmo maior que este, bem como a própria Terra possuindo dimensões bem maiores que qualquer destes dois astros, tendo características de astro predominante em termos de dimensões.

Conclusões e considerações

A potencialidade da metodologia de tomada de dados utilizando representações espaciais, relatada nesta pesquisa, é revelada pelos resultados que evidenciam vários elementos espaciais específicos desse procedimento. O exemplo mais simples é aquele que mostra que desenhar estrelas entre os astros ou representar a Lua e o Sol por círculos de tamanhos semelhantes ou, ainda, figurar a Lua semelhante à meia lua de calendários podem significar concepções ingênuas (Piaget, 1993) construídas da visualização direta do céu, nas quais as estrelas são bem menores do que o Sol, a Lua tem o formato de um disco, ou ainda, que existam várias "luas" como crescente, minguante, nova e cheia.

A fase relacionada à viagem espacial imaginária foi a mais demorada e rica, pois nela os objetos vão sendo representados na forma tridimensional. Foi interessante perceber que nessa fase, para realizar essa construção estrutural, o entrevistado está posicionado no "universo" que vai construindo e, ao mesmo tempo, faz a construção do mesmo. Assim, há a necessidade de uma mudança de referencial contínua na construção da

estrutura espacial dos astros, relacionando a visão externa dos objetos astronômicos à interna na construção espacial do universo. Este aspecto dual distanciamento - aproximação, presente em todo o processo de construção do "universo" mostrou-se fundamental na construção da espacialidade (Robilotta, 1985).

A tarefa de escolher uma esfera para representar o Sol, outra para representar a Terra, identificar nela o eixo de rotação e inseri-los no espaço para a explicação da existência do dia e da noite mostrou-se bem mais complexa do que simplesmente desenhar em um papel o Sol (círculo) com sua luminosidade e a Terra (círculo) com seu eixo de rotação. Mais complexa ainda é a representação espacial das estações do ano, que exige uma compreensão do movimento da Terra em torno do Sol e, portanto, a compreensão da eclíptica e da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação a ela. Na base destas dificuldades foi possível reconhecer a falta de compreensão da necessidade de se estabelecer referências no espaço (coordenadas espaciais), como Piaget (1975) aponta ser fundamental na compreensão da espacialidade.

Apesar de vários professores representarem os objetos astronômicos tridimensionalmente e construírem representações espaciais de Universo foi possível reconhecer nelas, pelas estruturações em camadas, uma visão global plana. Nas representações mais ingênuas nota-se coerência interna de representações, por exemplo, os que acreditam numa Terra plana, em geral, têm uma estrutura de Universo "Terra – céu", ou seja, o céu está posicionado apenas acima da Terra e esta possui uma posição privilegiada. É o chamado Universo geocêntrico de Lopéz et al. (1995).

Em vários momentos foi possível observar situações de problematização pelo aguçamento das contradições entre o vivencial e o teórico (Delizoicov et al., 2002). Foram mais freqüentes naquelas relacionadas à forma da Terra, do Sol, da Lua e das estrelas e também naquelas envolvendo tamanhos e distâncias relativas desses corpos celestes. Um exemplo bastante comum foi quando o professor explicava a ocorrência das estações do ano devido a uma maior ou menor proximidade da Terra em relação ao Sol, e era solicitado a explicar a existência de estações distintas nos hemisférios. Nesse momento, os professores, muitas vezes, diziam: "Nossa, eu nunca havia pensado nisso! Se a Terra está próxima, ela deveria estar toda próxima". Problematizações dessa natureza levam à consciência e a necessidade de se apropriar de conhecimentos científicos e também foram identificadas como sendo fundamentais na construção da visão espacial.

Essa atividade de tomada de dados, sobre a visão espacial relatada neste trabalho, já foi utilizada como estratégia de ensino de Astronomia em cursos de formação continuada de professores, mostrando resultados bastante positivos (Leite, 2006). Utilizando a construção espacial do universo como ponto de partida do curso, as inúmeras contradições entre o conhecimento construído na sua vida cotidiana e a interpretação científica afloradas neste momento inicial do curso são retomadas e superadas durante todo o desenvolvimento do curso. Esta aplicação mostra outra potencialidade dessa metodologia, que é a presença constante do elemento problematização.

Outro resultado interessante é que as questões inseridas nas entrevistas eram, na maioria das vezes, novas para os professores. Eles próprios afirmam nunca terem pensado nessas questões. Apesar de já terem ensinado e/ou estudado Astronomia, não compreendiam as formas dos objetos astronômicos, a estrutura do Universo, onde estaria o céu, como seria a Terra e, principalmente, nunca haviam realizado uma experimentação dos fenômenos astronômicos comuns no ensino fundamental, explicados apenas no nível teórico.

Retomando Piaget (1975), Robilotta (1985), Thuillier (1994) e Kriner (2004) e olhando para os resultados da pesquisa é preciso concordar com esses autores, pois a visualização espacial de objetos distantes como as envolvidas na dimensão planetária tem que ser construída. A observação interessada dos astros é importante, mas ela deve ser sistemática e acompanhada de um estudo teórico. Os fenômenos são de difícil compreensão, pois é necessário relacionar a observação geocêntrica à explicação heliocêntrica, sendo necessário, para isso, distanciar-se da visão de observador terrestre e visualizar os movimentos de fora da Terra. E isso é bastante complicado, já que a observação "natural" é a geocêntrica. Fazer uma associação entre a visão geocêntrica e a explicação heliocêntrica exige uma abstração bastante apurada. O mesmo acontece com a forma da Terra: por mais que saibamos que ela é redonda, não a sentimos assim em nosso cotidiano e freqüentemente a tornamos plana ao fazermos mapas e planisférios, o que, de certa forma, endossa a interpretação da Terra como sendo plana.

Em relação ao ensino de Astronomia fica o consenso que ele deva estabelecer uma relação do aluno com o mundo físico que o rodeia, em uma dimensão que supera o seu entorno imediato (Doménech et al., 1985). Sabemos que a metodologia de aula não pode mais ser a indicada tradicionalmente nos livros didáticos, pois ela já se mostrou insuficiente. Devido à natureza abstrata do tema, ele deve, na medida do possível, ser vivenciado de forma prática e concreta. Acreditamos que as novas propostas de ensino de Astronomia devem, sobretudo, proporcionar uma relação entre os aprendizes com o conhecimento, semelhante àquela proposta por, Robilotta (1985): a relação dialética entre sentir e saber.

"No caso do espaço, conhecer é tanto sentir como saber... Depois da discussão, entretanto, sabemos que as nossas sensações podem nos enganar. Elas não são "neutras", "puras", mas englobam um conteúdo conceitual. A consciência desse fato amplia nossa realidade, permitindo-nos olhar o velho espaço com novos olhos, de uma perspectiva diferente, criando um novo modo de sentir. Esse novo modo de sentir pode acarretar um novo conteúdo conceitual, e assim, sucessivamente. Existe, portanto, uma relação dialética entre o saber e o sentir, cada um deles modificando o outro e não existindo separadamente."

Referências bibliográficas

Bardin, L. (1995). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Ed. 70.

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11 (special issue), 502-513.

Bisch, S.M. (1998). *Astronomia no 10 grau: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores*. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Bogdan, R. e Biklen, S.K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Tradutores: Alvarez, M.J., Santos, S.B., Baptista, T. M. Porto: Porto Editora.

Bretones, P.S. (1999). *Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, UNICAMP. Em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000224687>

Canalle, J.B.G., Trevisan, R.H. e Lattari, C.J.B. (1996). *Erros Astronômicos nos Livros Didáticos do 10 Grau*. Caderno de Resumos do V Encontro de Pesquisadores de Ensino de Física. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Física.

Casati, R. (2001). *A descoberta das sombras: de Platão a Galileu, a história de um enigma que fascina a humanidade*. São Paulo: Companhia das Letras.

Delizoicov D., Angotti, J.A.P. e Pernambuco, M.M. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.

Doménech, A., Doménech, T.; Casasús, E. e Bella, T. (1985). Apuntes para una programación didáctica de la astronomía en la Enseñanza Media. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 3, 204-208.

García Barros S.G.; Martínez Losada C.; Mondelo Alonso N.; Vega Marcote P. (1997). La Astronomía en textos escolares de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 2, 225-232.

Hill, L.C. (1990). Spatial thinking and learning astronomy: the implicit visual Grammar of astronomical paradigms. Em: Pasachoff, J.M. e Percy, J.R. (Ed.) *The Teaching of Astronomy: proceedings of the 105th colloquium of the International Union*, (pp. 247-248). Cambridge: Cambridge University Press.

Kriner, A. (2004). Las fases de la luna, cómo y cuándo enseñarlas? *Ciência e Educação*, 10, 1, 111-120.

Langhi, R. e Nardi, R. (2005). Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia-RELEA*, 2, 75-92. Em: <http://www.astro.iag.usp.br/~foton/relea/num2/A3%20n2%202005.pdf>

Langhi, R. e Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24, 1, 87-111.

Leite, C. (2002). *Os professores de Ciências e suas formas de pensar a Astronomia*. Dissertação de mestrado. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Em: http://www2.if.usp.br/~cpgi/DissertacoesPDF/Cristina_Leite.pdf

Leite, C. (2006). *Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade*. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05062007-110016/>

Leite, C. e Hosoume, Y. (2007). Os professores de Ciências e suas formas de pensar a astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia-RELEA*, 4, 47-68.

Em: http://www.astro.iag.usp.br/~foton/relea/num4/A3_n4.pdf.

López, R.A., Afonso, R., Bazo, C., Macau, M.D. e Rodrigues, M.L. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el Universo. *Enseñanza de la Ciencia*, 13, 3, 327-346.

Lüdke, M. e André, M.E.D.A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Mali, G.B. e Howe, A. (1979). Development of Earth and gravity concepts among nepali children. *Science Education*, 63, 5, 685-691.

Maluf, V.J.A. (2000). *Terra no espaço: a desconstrução do objeto real na construção do objeto científico*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Educação, UFMT, Cuiabá.

Mathewson, J. H. (1999). Visual-Spatial Thinking: An Aspecto of Science Overlooked by Educators. *Science Education*, 83, 33-54.

Nardi, R. (1989). *Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo*. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the Earth as a cosmic body: a cross age study. *Science Education*, 63, 1, 83-93.

Nussbaum, J. e Novak, J.D. (1976). An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 4, 535-550.

Piaget, J. (1975). *El pensamiento matemático*. Em: Introducción a la epistemología genética. Buenos Aires: Paidós.

Piaget, J. e Inhelder, B. (1993). *A representação do espaço na criança*. Porto Alegre: Artes Médicas.

Robilotta, M. (1985). O espaço na/da natureza da/na física. Em: *Construção e realidade no ensino de Física*. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Sadler, P.M. e Luzader, W.M. (1990). Science teaching through its astronomical roots. Em: Pasachoff, J.M. e Percy, J.R. (Ed.) *The Teaching of Astronomy: Proceedings of the 105th colloquium of the International Union* (pp. 257-276). Cambridge: Cambridge University Press.

Szamosi, G. (1986). *Tempo & Espaço: as dimensões gêmeas*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

Teodoro, S.R. (2000). A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre

atração gravitacional. Dissertação de Mestrado. Bauru: Faculdade de Ciências, UNESP. Em:

<http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=53#>

Thuillier, P. (1994). Espaço e perspectiva no quattrocento. Em: *De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica* (pp. 57-87). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

Trevisan, R.H., Lattari, C.J.B., Sanzovo, D.T., Queiroz, V. e Reis, G.A. (2003). *O aprendizado dos conceitos de Astronomia no ensino fundamental*. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Curitiba: Sociedade Brasileira de Física.