



A percepção da gravidade na 'Casa Maluca' do CDCC/USP: Uma análise à luz de Gaston Bachelard¹

The perception of gravity in 'Mad House' of CDCC/USP: an analysis based on Gaston Bachelard

Pedro Donizete Colombo Junior

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo (USP)
pedro.colombo@usp.br

Cibelle Celestino Silva

Instituto de Física de São Carlos
Universidade de São Paulo (USP)
cibelle@ifsc.usp.br

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo entender como um espaço fisicamente alterado influencia as percepções e explicações acerca da gravidade pelos estudantes do ensino médio. A pesquisa foi realizada na Casa Maluca do CDCC/USP. Esta é uma Casa com piso e paredes inclinados com ângulos de 15 graus em relação ao referencial externo, ao entrar em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com a força da gravidade. Tomamos como referencial teórico principal a noção de obstáculo epistemológico proposto por Gaston Bachelard e metodologia de pesquisa quantitativa e qualitativa. Os resultados nos revelam a presença de alguns obstáculos epistemológicos, tais como: experiência primeira, realismo ingênuo (obstáculo realista), substancialismo, animismo e obstáculo verbal na argumentação dos alunos no entendimento do conceito gravidade. Demonstram também a dificuldade dos alunos em entender o conceito gravidade e seu caráter vetorial.

¹ Esta pesquisa contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Palavras chaves: Gravidade; Gaston Bachelard; Centros de Ciências; Educação Não formal.

Abstract

The objective of this research was to understand how a space physically altered influences perceptions and explanations of gravity for high school students. The survey was conducted in 'Mad House' of CDCC/USP. This is a house with floors and walls tilted at angles of 15 degrees with respect to external reference, to get inside the visitors experience some changes in perception of everyday phenomena related to gravity. For data analysis we adopt the epistemology of Gaston Bachelard and methodology of quantitative and qualitative research. The results reveal the presence of some epistemological obstacles and demonstrate the difficulty of students to understand the concept of gravity and its vector character.

Key words: Gravity; Gaston Bachelard; Science Centers; Informal Education.

Introdução

Quando o assunto é a gravidade, explicações advindas do senso comum surgem inevitavelmente, podendo este ser interpretadas como uma espécie de terreno fértil para nosso pensamento e nossas ações. Em muitos casos o questionamento do senso comum propicia oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas. No caso do conceito gravidade, acreditamos que uma forma de isso ser feito é criando situações fora do cotidiano nas quais o senso comum é fortemente questionado, como é o caso da visita à Casa Maluca. Esta pesquisa buscou entender e discutir questões relativas à percepção dos visitantes acerca da força gravitacional em um espaço fisicamente alterado, a Casa Maluca, e como este espaço modificado influencia as explicações dos estudantes sobre o tema.

Uma rápida busca bibliográfica nos mostra que em geral os estudantes trazem noções de senso comum a respeito de fenômenos naturais, os quais diferem da interpretação científica a eles ensinada nas escolas. A bem explorada e estabelecida linha de investigação sobre concepções alternativas investigou, entre outros conceitos científicos, o conceito de gravidade (por exemplo: WATTS, 1982; TEODORO, 2000; HÜLSENDEGER, 2004; LANGHI, 2004; ZIRBEL, 2004; KAVANAGH; SNEIDER, 2007). Ressaltamos que não apenas os alunos "mantêm" concepções alternativas, mas que também encontramos diversas concepções alternativas relacionadas aos conceitos naturais nas falas de professores, como exemplo, o trabalho de Ostermann e Moreira (1999) com professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental, identificando concepções alternativas relacionadas a temas de astronomia.

A queda dos corpos pode ser observada e percebida na vida cotidiana. Porém entender e explicar o porquê certos objetos caem e outros sobem quando soltos não é uma tarefa trivial. É muito comum atribuímos a queda de um objeto à palavra gravidade, assim, em muitos casos torna-se também comum pensar na ausência de 'gravidade' quando da imagem de algo flutuando, por exemplo, um astronauta nas proximidades da Terra ou mesmo um simples balão de gás.

Atualmente, no ensino básico de física, a palavra gravidade se refere ao conceito de força ou atração gravitacional (atração entre as massas), baseadas na lei de gravitação universal elaborada por Isaac Newton (1642 - 1727) no século XVII. Newton admitiu não ser capaz de descobrir as causas da gravidade e, ainda assim, trabalhou no sentido de estabelecer o princípio da gravitação universal. É importante ressaltar que a palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da queda. Já no século XVI, Galileu Galilei (1564 – 1642) sabia que se utilizava a palavra ‘gravidade’ para descrever um fenômeno, e não para explicar a queda (MARTINS, 2006, p. 171).

Desde a Antiguidade a queda dos objetos já despertava a curiosidade dos filósofos e se descrevia a queda com palavras análogas à gravidade em vários idiomas. A palavra gravidade tem origem no termo indo-europeu *gwer*, que para nós ocidentais significa pesado, do qual saíram *baros* em grego e *gravis* do latim (WATKINS apud MARTINS 2006a, p. 171). Originalmente a palavra fazia referência aos *gravis*, ou seja, aos corpos pesados. Naquela época não se entendia gravidade como efeito de atração mútua entre os corpos. A noção mais aceita era a de Aristóteles, onde os *gravis* caem à procura do seu lugar natural, sendo, portanto, essa a tentativa de explicação mais conhecida para a queda dos corpos.

A ideia de gravidade é um conceito de difícil acesso e envolve a superação de um grande número de obstáculos pedagógicos e epistemológicos superados ao longo de um processo que durou séculos envolvendo questões filosóficas e científicas. São inúmeros os trabalhos de pesquisa que retratam as barreiras e dificuldades enfrentadas no ensino e na aprendizagem do conceito de gravidade no ensino de ciências utilizando diferentes abordagens teóricas e metodológicas (NUSSBAUM; NOVICK, 1979; CHAMPAGNE, et al. 1980; WATTS; ZYLBERSZTAJN, 1981; WATTS, 1982; HALLOUN; HESTENES, 1985; NARDI; CARVALHO, 1996; BAR; ZINN, 1998; PALMER, 2001; LEOEUF; BORGES, 2002; HÜLSENDEGER, 2004; GÖNEN, 2008, COLOMBO JR.; SILVA 2010).

De uma maneira geral, estes trabalhos mostram que é muito difícil romper com ideias baseadas na simples observação do fenômeno da queda. Quando se trata do estudo da queda dos corpos muitas vezes os alunos têm dificuldades em romper com ideias baseadas na simples observação do fato (MATTHEWS, 1995). Em linhas gerais, os trabalhos citados nos revelam a ideia de gravidade com um ente que requer ar para existir; uma força seletiva que não age sobre objetos parados e opera apenas em objetos pesados; a queda dos objetos é um fenômeno particular da Terra e conseqüentemente a gravidade também. Inúmeras vezes as concepções que os estudantes têm sobre gravidade coincidem com ideias formuladas por pensadores do passado, especificamente a ideia de que objetos mais pesados caem mais rápido que objetos leves, atribuída a Aristóteles, e a queda dos objetos é um movimento natural que não requer força de nenhum tipo.

Em face da gama de concepções existentes sobre gravidade e das dificuldades envolvidas em seu aprendizado, vemos a visita à Casa Maluca como um excelente recurso didático onde os estudantes têm a oportunidade de perceberem que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos. Acreditamos que a problematização das noções dos estudantes sobre

gravidade em um ambiente físico alterado também pode contribuir para desmistificar conceitos trazidos pelo senso comum.

Adotamos como referencial teórico a noção de obstáculo epistemológico proposta por Gaston Bachelard e uma metodologia de pesquisa qualitativa e quantitativa. Também consideramos em nossas análises o "Modelo Contextual de Aprendizagem" proposto por Falk e Dierking (2000), o qual analisa a aprendizagem em museus e centros de ciências sob a perspectiva do visitante, e consideram três contextos fundamentais: o pessoal, o sociocultural e o físico. Os resultados, além de evidenciar a presença de alguns obstáculos epistemológicos e demonstrarem a dificuldade dos alunos em entender o conceito gravidade e seu caráter vetorial, evidenciam também que a Casa Maluca é um excelente recurso didático e motivacional que o professor dispõe para fomentar discussões sobre conceitos físicos, em especial a gravidade, com os alunos, seja durante a visita e/ou em trabalhos pós-visitação.

Centros de ciências e a educação não formal

Centros de ciências são espaços educativos complementares à educação formal que possibilitam a ampliação e a melhoria do conhecimento científico de estudantes e da população em geral. Estas instituições vêm sendo caracterizadas como locais que possuem uma forma própria de desenvolver sua ação educativa: a educação não formal (MARANDINO, 2008).

A educação não formal deve ser vista não como concorrente, mas como complementar e parceira da educação Formal. Podemos entender a educação não formal como uma forma de educação que ultrapassa os limites físicos da sala de aula, enriquecendo e propiciando condições de trabalho muitas vezes impossíveis de serem realizadas no âmbito escolar, por exemplo, a problematização do conceito gravidade em um ambiente fisicamente modificado, como é a Casa Maluca do CDCC/USP. Por outro lado, este tipo de educação mantém viva suas raízes educacionais no sentido em que tem em sua essência a construção e socialização do conhecimento, seja por meio de aparatos *hands on*, como em centros de ciências, ou em ações colaborativas, como zoológicos e jardins botânicos. A educação não formal, por dispor de ambientes específicos e diversificados de aprendizagem, pode contribuir para a superação de muitas das dificuldades enfrentadas pelo professor em sala de aula, visto a gama de aparatos didáticos e experimentais raramente encontrados em ambientes de educação formal. No entanto, ainda hoje nota-se pouca comunicação entre professor e educador de ambientes de educação não formal, o que certamente torna difícil incorporar o que é trabalhado nestes locais à sala de aula.

O Centro de Divulgação Científica Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP) é um local de educação não formal, uma vez que tem objetivos, funções e público alvo muito variado, é visitado por diversas faixas etárias, etnias e classes sociais de nossa sociedade e possui uma forma própria de desenvolver sua ação educativa. Caracterizado como um local de educação não formal vinculado a Universidade, o CDCC traz como seu objetivo principal o estabelecimento de um vínculo duradouro entre a Universidade e a Comunidade, facilitando o acesso da população aos meios e aos resultados da produção científica e cultural da Universidade e divulgando a ciência,

por meio de seus setores e ações, para o público escolar e leigo. Visando atingir a este objetivo, este espaço de educação não formal, promove e orienta atividades que apontam para despertar nos cidadãos, em especial nos jovens, o interesse pela ciência e pela cultura. Estima-se que o público atendido nas diversas atividades do CDCC gira em torno de 75 mil pessoas por ano, deste a maior parte integra estudantes de todos os níveis de escolaridade e professores da Educação Básica. Assim, a função primordial do CDCC é fomentar ações de divulgação científica entre os membros da comunidade, em especial o público escolar, e servir como um espaço onde o professor pode levar suas salas para iniciar, continuar ou concluir abordagens didático-pedagógicas da educação formal, em outras palavras, um local parceiro e complementar da educação formal, por essência.

É consenso que o aprendizado não é um evento instantâneo. Sendo assim, devemos entendê-lo como um processo que demanda tempo e é diretamente influenciado por fatores extrínsecos (ambiente, materiais, adaptações) e fatores intrínsecos (memória, motivação, desenvolvimento cognitivo). Neste sentido, julgamos conveniente considerar os contextos propostos por Falk e Dierking (2000) quando do acompanhamento das visitas à Casa Maluca e análise dos dados, uma vez que a aprendizagem neste espaço é um processo pessoal que ocorre num contexto sociocultural e envolvendo muitas fontes, experiências e informações que juntas são responsáveis pela construção do conhecimento.

Para Falk e Dierking (2000) as visitas a centros de ciências envolvem três contextos: o sociocultural, o pessoal e o físico. Para eles estes contextos são a janela através da qual podemos visualizar a perspectiva do visitante, sendo caracterizado pelos autores como modelo de aprendizagem (*Contextual Model Learning*). Deve-se ainda considerar a aprendizagem sob a perspectiva dos visitantes e também a dimensão temporal no processo de ensino-aprendizagem.

No contexto sociocultural a perspectiva do visitante é fortemente influenciada pelas interações que ocorrem durante as visitas. Os autores enfatizam a importância da mediação sociocultural no grupo de visitantes. As interações na busca por decifrar “informações” contidas na visita criam frutíferos meios de aprendizagem colaborativa. Do contexto sociocultural, deriva também a ideia de aprendizagem socialmente construída, ou seja, não somente com indivíduos de um grupo social, mas na interação entre docentes, guias, monitores. Na Casa Maluca, os estudantes ao serem questionados sobre suas ideias, socializam com seus pares, professores e monitores suas ideias e dúvidas, gerando um ambiente enriquecedor e descontraído para ‘partilhar’ conhecimento.

O contexto pessoal em linhas gerais pode ser traduzido pela bagagem intelectual e cultural de cada um. Segundo Falk e Dierking, as motivações e as expectativas do visitante são fatores que afetam diretamente seu desempenho em visitas a centros de ciências. Por outro lado, o contexto pessoal nos alerta para a importância em diagnosticar os conhecimentos prévios e crenças dos visitantes, visto que estes são fatores que desempenham um papel importante na aprendizagem. Durante as visitas à Casa Maluca cada visitante posiciona-se e explicita suas ideias de forma muito particular frente às atividades e discussões realizadas. Esta postura certamente tem uma estreita ligação com o conhecimento prévio, experiências e crenças que o visitante trouxe para a visita. Centros de Ciências, em geral, oferecem escolhas e

controle de atividades por parte do visitante, neste sentido oferecem oportunidade para que o conhecimento que o visitante tem sobre determinado assunto aflore de seu contexto pessoal.

O contexto físico é decisivo no comportamento dos visitantes, pois tudo o que se observa e guarda na memória é fortemente influenciado por este contexto. Falk e Dierking explicitam o fato de que exposições bem estruturadas são grandes ferramentas de aprendizagem, assim enfatizam a importância de projetos, esquemas e modelos bem estruturados nas exposições. É interessante notar, por exemplo, que muitas das distinções entre um museu de arte e um centro de ciências derivam de elementos de seu contexto físico (arquitetura, objetos em exibição, iluminação). O projeto da Casa Maluca e a disposição de seus objetos é um fator decisivo para levar o visitante a questionar e buscar respostas para o que é vivenciado, suas percepções e fenômeno envolvido. Por fim, a dimensão temporal, que permeia todos os contextos, sugere que, ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, suas recordações vivenciadas durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro. O fator tempo permeia o contexto sociocultural, é intrínseco a cada visitante, não mensurável para a aprendizagem, pois é autodependente do contexto pessoal e por fim, é influenciado pelo contexto físico, quando das recordações da visita. Assim como duas pessoas nunca veem o mundo do mesmo modo, a experiência de cada visitante, entrelaçando os três contextos, é única (FALK; DIERKING, 1992).

Contextualização do local investigado - A Casa Maluca

A Casa Maluca foi construída com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° com relação ao referencial externo (Figura 1). Ao entrarem em seu interior os visitantes não percebem visualmente a inclinação e experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com a força da gravidade. Dentro da Casa há objetos também inclinados de modo reforçar a ilusão de que tudo em seu interior estaria na posição correta, ressaltando, assim, a sensação de estranheza experimentada pelos visitantes (Figuras 3 a 7).



Figura 1. Vista externa da Casa Maluca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP

Logo ao entrar na Casa o visitante se depara com um espelho, onde pode visualizar sua imagem inclinada, e com alguns objetos que buscam iludir sua visão, levando-o a crer que esta na horizontal. Uma vez no interior da Casa o visitante tenta se orientar pelas paredes e piso neste novo referencial. Logo ao entrar o estímulo visual tende em alguns momentos a se sobrepor aos demais sentidos para a manutenção do equilíbrio. A inclinação de 15° em relação à vertical causa uma sensação de desequilíbrio, além da percepção de duas componentes da força gravitacional que são nulas quando estamos na vertical ou muito imperceptíveis para pequenas inclinações (Figura 2). Pode-se atribuir o desconforto ao conflito entre o que é percebido pelos olhos que informam o sistema nervoso que estamos no piso horizontal e, o que é detectado pelo labirinto que informa que estamos em um piso inclinado.



Figura 2 a. Percepção visual no interior da Casa Maluca (a referência para o vetor P são as cestinhas da mesa de bilhar).



Figura 2b. O labirinto detecta a inclinação da Casa devido ao fato de as componentes $P_x = P \sin \alpha$ e $P_y = P \cos \alpha$ não serem nulas.

A Casa Maluca é aberta ao público, porém não deve ser visitada sem a presença de um monitor, pois há visitantes que sentem náuseas ao entrarem na Casa. A visita dura em média de 15 a 20 minutos e é sugerido que ocorra com grupos de no máximo cinco pessoas. Nesta pesquisa, foram realizadas cinco atividades com os estudantes com a finalidade de tentar entender como este espaço fisicamente alterado influencia as percepções e explicações acerca da gravidade e quais os obstáculos epistemológicos derivam das argumentações dos estudantes durante a visita. A seguir descrevemos sucintamente as atividades realizadas durante as visitas à Casa Maluca.



Figura 3. Cadeira - assento paralelo ao piso da Casa



Figura 4. Mesa de sinuca no plano inclinado da Casa

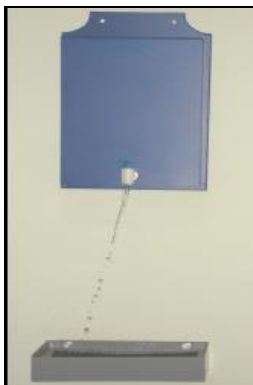


Figura 5. Inclinação do prumo de um filete d'água



Figura 6. Taco de sinuca



Figura 7. Saindo da Casa Maluca

- *ATIVIDADE 1 (Figura 3): Levantando de uma cadeira. Nesta atividade é pedido para o visitante que tente levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos e sem encostar os pés na cadeira, ou seja, como levantaria normalmente. O objetivo é fazer com que perceba o efeito de uma das componentes da força peso e reflita sobre aquilo que está vivenciando. Esta simples atividade cotidiana não desperta grandes reflexões quando em um ambiente comum. Porém, devido ao novo contexto físico, provoca grande curiosidade e leva os alunos a questionarem as razões da dificuldade encontrada para se levantarem da cadeira.*
- *ATIVIDADE 2 (Figura 4): Bola que sobe um plano inclinado. Nesta atividade há uma mesa inclinada em relação ao interior da Casa e, por isso, uma bola solta sobre a mesa "deveria" descer a mesa, ou seja, mover-se para a direita na figura 4. Num primeiro momento, o visitante é levado a pensar que a mesa está reta com relação ao referencial externo. Mas não é este o caso. Há um truque, que consiste no fato de a mesa não estar inclinada em 15° , mas sim uma inclinação que não compensa a inclinação da Casa e que faz com que a bolinha role para a esquerda na figura 4. Mais do que descobrir o truque por trás deste aparato, interessa-nos as explicações que os visitantes têm para o fato presenciado e a relação com o conceito gravidade.*
- *ATIVIDADE 3 (Figura 5): Filete d'água que cai inclinado. Nesta atividade há uma torneira colocada em uma das paredes da Casa que ao ser aberta verte um filete d'água que cai inclinado com relação à vertical, contrariando nossa experiência diária. Ao observar o filete d'água caindo de forma diferente do esperado o visitante inevitavelmente manifesta sentimentos de dúvida e admiração. Neste contexto, é solicitado ao visitante que tente explicar o que está acontecendo, qual conceito está envolvido nesta atividade, e se tal conceito pode ser verificado em outros momentos.*
- *ATIVIDADE 4 (Figura 6): Segurando um taco de sinuca. Para realizar a atividade, um taco de sinuca é segurado pelas suas extremidades de modo que ele fique perpendicular ao plano da Casa. A seguir sua extremidade inferior é solta. Num espaço cotidiano, o taco encontraria o repouso em uma posição perpendicular ao chão. Já neste espaço modificado, ele fica em repouso com uma inclinação de 15° com relação a perpendicular ao chão, contrariando fortemente o senso comum.*
- *ATIVIDADE 5 (Figura 7): Saindo da Casa. Na saída da Casa, realizamos uma última atividade com o intuito de fazer com que o visitante notar a influência do contexto físico na percepção de alguns fenômenos da natureza. Pedimos ao visitante que caminhe rapidamente em direção à saída (ao lado do espelho) e no instante em que sair da Casa expresse o que está vivenciando (a percepção da gravidade em diferentes ambientes).*

Durante as atividades, buscamos não mencionar o conceito gravidade antes que os alunos explicitem este termo, o intuito é não influenciar suas sensações e percepções sobre este conceito. As sensações, vivências e discussões entre os visitantes decorrentes da visita foram problematizadas através de perguntas feitas aos mesmos com o objetivo de levá-los a refletir sobre a força gravitacional.. Indagações do tipo: “A que se deve a dificuldade em se levantar da cadeira? Por que fora da Casa Maluca é diferente?” ou “O que atua sobre a água da torneira para que ela caia inclinada?” buscam levar os visitantes a perceberem que a gravidade se manifesta o tempo todo e questionar fortemente seus conceitos trazidos pelo senso comum.

Gaston Bachelard e a noção de obstáculo epistemológico

Segundo o francês Gaston Bachelard (1884-1962) o problema do conhecimento se coloca através de obstáculos epistemológicos, sendo que a presença destes é inerente ao desenvolvimento do conhecimento científico, tanto do ponto de vista histórico quanto da prática pedagógica. Para o autor, tais obstáculos surgem na essência “do próprio ato de conhecer, em uma relação entre sujeito e objeto do conhecimento, uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos” (BACHELARD 1996, p. 17), no qual podem ser detectadas causas de estagnação, regressão ou de inércia que sustentam a noção de obstáculo. Enuncia ainda que “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (ibid, p. 18).

Obstáculos epistemológicos são de ordem diversa, construções da própria natureza humana ou até mesmo de causas sociais (MELO, 2005), caracterizam-se como aquilo que obstrui, dificulta e limita o progresso da ciência. “Um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado”, assim, sua superação propicia avanço do conhecimento (BACHELARD, 1996). Bachelard discute em sua obra *A formação do Espírito Científico* a existência de sete obstáculos epistemológicos. Neste trabalho apresentamos de forma resumida os seguintes:

A experiência primeira

Segundo Bachelard este obstáculo expressa perfeitamente bem a experiência colocada antes e acima da crítica, a qual, segundo o autor, é necessariamente elemento integrante do espírito científico. Desta forma a experiência primeira, em seu caráter acrítico, não constitui, de forma alguma, uma base segura para o conhecimento (BACHELARD, 1996, p. 24). São inúmeras as maneiras de expressar o obstáculo epistemológico experiência primeira. Podemos entendê-lo como resultado de uma atividade pouco pensada, uma inferência imediata sobre determinado fenômeno vivenciado. A satisfação imediata ao invés de trazer benefícios pode ser um obstáculo para a cultura científica, uma vez que acaba por substituir “o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens” (BACHELARD, 1996, p. 36).

O realismo ingênuo (obstáculo realista)

Intimamente ligado à experiência primeira há o obstáculo realista. Este se encontra impregnado no inconsciente e é diretamente associado à noção do real, trazendo

como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade. Segundo Bachelard (1996, p. 27) “o realismo é uma metafísica infecunda, já que susta a investigação, em vez de provocá-la”. Assim, tende a supor metáforas para descrever os objetos. Apresenta-se como um obstáculo epistemológico que, na maioria das vezes, lança o artifício do uso de imagens e analogias para descrever o real, sem ao menos se preocupar com o abstrato (DOMINGUINI; SILVA, 2010).

O substancialismo

O substancialismo traz uma explicação breve e decisiva, derivada da substancialização de uma qualidade imediata, de uma intuição direta. No substancialismo é marcante o acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo, denota-se de que quanto menos precisa for uma ideia, mais palavras existem para expressá-la. A partir de uma imagem isolada, que traduz apenas um momento do fenômeno total, o espírito pré-científico elabora uma explicação imediata baseada na existência de uma substância. Com isso, cessa a busca científica, pois todas as perguntas são abafadas pela resposta substancial (BACHELARD, 1996). Para Bachelard, um sintoma claro da sedução substancialista,

[...] é uma tendência geral, que se encontra em campos bem afastados do pensamento científico [...] quanto menos precisa for uma ideia, mais palavras existem para expressá-la. No fundo, o progresso do pensamento científico consiste em diminuir o número de adjetivos que convêm a um substantivo, e não em aumentar esse número (BACHELARD, 1996, p. 140).

O obstáculo animista (animismo)

O obstáculo animista (animismo) se caracteriza pela atribuição aos mais variados fenômenos características inerentes a seres vivos, busca-se insistentemente relacionar questões vitais em demandas inanimadas. Com isso, determinado fenômeno ou objeto adquire maior relevância por possuir características de seres vivos. Ao se mostrar natural, este obstáculo epistemológico acaba por “seduzir” a razão e, portanto mais convincente para um espírito pré-científico.

Em *A Formação do Espírito Científico* Bachelard relata inúmeros exemplos de animismo, dentre eles o caso particular da ferrugem, a qual em fins do século XVIII era tida como uma doença que acometia o ferro:

A ferrugem é uma doença à qual o ferro está sujeito [...] o imã perde sua virtude magnética quando é corroído pela ferrugem. Alguns recuperam parte de sua força quando lhe retiram a superfície atacada por essa doença (DE BRUNO² apud BACHELARD, 1996, p. 194).

Uma intuição animista onde os metais padecem de enfermidades e adquirem um valor indiscutível, constitui um comportamento incompatível com o espírito científico. Assim, a ferrugem, sugerindo uma imperfeição, remete a ideia errônea de

² DE BRUNO. *Recherches sur La direction Du fluide magnétique*, Amsterdã, 1785, p. 123, citado por: BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento*, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, p. 194.

que um ímã quando enferrujado estará doente. Para Domingui e Silva (2010), este obstáculo, “além de não permitirem uma abstração do conhecimento científico, acaba impregnando, em nossos alunos, uma crença que os mesmos compreendem como verdadeiro” (p. 10).

O obstáculo verbal

Por fim, o obstáculo verbal pode ser entendido como sendo uma falsa explicação obtida a custo de uma única palavra explicativa (palavra obstáculo). Assim, uma única palavra exprime os mais variados fenômenos na falsa convicção de que os explica. Esta falsa convicção de explicação torna-se clara, por exemplo, quando da explicação da queda dos corpos pela palavra gravidade.

Compartilhamos com Martins e Pacca (2005) que os obstáculos epistemológicos presentes no pensamento científico resultam da própria atividade cognitiva, dificultando a abstração e a construção dos objetos teóricos da ciência. Neste sentido é muito importante no ensino de ciências identificá-los e buscar meios para superá-los.

Metodologia e sujeitos da pesquisa

Nesta pesquisa adotamos abordagens qualitativa e quantitativa com coleta de dados durante e após as visitas. Durante as visitas, realizamos observação dos estudantes, gravação em áudio e vídeo e aplicação de questionários. Após as visitas realizamos entrevistas semiestruturadas nas escolas de origem dos estudantes. As gravações em áudio e vídeo forneceram dados que permitem avaliar aspectos sutis da interação dos visitantes com a Casa Maluca, como gestos, expressões, entonações, sinais não verbais, hesitações, alterações de ritmo. Enfim toda uma comunicação não apenas verbal cuja captação é muito importante para a compreensão e validação dos dados (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Tabela 1: Chaves de classificação para análise dos dados das visitas selecionadas

M = Monitor ¹	E = entrevista semiestruturada
V_n = visita; onde 'n' significa uma visita específica.	G = gravação em áudio e vídeo
A_n = aluno; onde 'n' significa um aluno específico.	Q = questionário - visitas selecionadas
	QQ = Questionários visitas não selecionadas
Exemplos:	
V₁A₃Q	Durante a visita um (V ₁), o aluno 3 (A ₃) respondendo ao questionário (Q).
V₄A₅G	Durante a visita quatro (V ₄), o aluno 5 (A ₅) falando na gravação em áudio e vídeo (G).
V₂A₁E	Durante a visita 2 (V ₂), o aluno 1 (A ₁) respondendo a entrevista semi-estruturada (E).
QQ	Resposta do questionário (referente a uma visita que não está entre as gravações selecionadas).

¹Neste caso refere-se a nós, enquanto pesquisadores, que guiamos as visitas à Casa Maluca.

Quanto aos sujeitos da pesquisa, orientamos e acompanhamos a visita de 337 alunos à Casa Maluca, vindos de escolas de diversas cidades do Estado de São Paulo. Todas as visitas foram gravadas em áudio e vídeo, sendo que grande parte das visitas serviram de piloto para elaboração do questionário definitivo e entrevista semiestruturada (Apêndice). Neste trabalho a análise realizada compreende a aplicação dos questionários finais, ou seja, uma amostragem de 128 questionários,

aproximadamente 4 horas de gravações e realização de 12 entrevistas com alunos. Destaca-se que nesta análise, 80% alunos eram oriundos do 3º ano do ensino médio e 20% alunos do 1º e 2º anos do ensino médio. Sobre as entrevistas, estas foram realizadas em média quinze dias após as visitas à Casa Maluca e, os alunos escolhidos aleatoriamente dentre os que aceitaram voluntariamente participar da pesquisa. De modo a facilitar a leitura de alguns excertos e análise dos dados adotamos as seguintes chaves de classificação (Tabela 1):

Análise dos dados e discussão

Em geral, todas as visitas à Casa Maluca iniciam-se com o que chamamos de 'quebrar o gelo', em outras palavras, ambientar o visitante neste novo contexto físico. Assim, é perguntado ao visitante se eles estão sentindo algo diferente. De imediato alguns afirmam que a Casa se move, outros tentam timidamente dar uma explicação para o que estão vivenciando, há ainda aqueles que apenas observam aparentando estarem em um mundo não conhecido e nem vivenciado. Não demora muito para os alunos mencionarem o termo gravidade, mesmo sem solicitarmos.

Mas o que está inclinado, a Casa ou eu? (M)

A Casa! Não, você [...] Pêra aí [...] num sei (V₆A₁G).

Pensa um pouquinho. Vocês tão sentindo algo diferente? (M).

Tô indo pra lá (parte baixa da Casa) Tem algo puxando ôôôu... (V₆A₄G).

[...] o que tá te puxando pra cá? (M)

É... Gravidade, Força e Empuxo... (V₆A₁G).

Olha ela falou três palavras: Gravidade, Força e Empuxo. O que vocês acham? (M)

Gravidade puxa pra baixo (apontando para os pés) não é? (V₆A₂G).

É fácil perceber que a o fato de a Casa ser um ambiente fisicamente alterado com uma disposição peculiar dos objetos em seu interior levou os alunos, logo que entraram na Casa, a questionarem e tentarem buscar respostas para suas percepções e fenômeno envolvido. Os alunos interagiam entre si, e em uma avalanche de ideias argumentam, formulam questões, dúvidas e tentando entender o que estão vivenciando, o que gera um contexto interações enriquecedor, raramente visto em salas de aula. Esta constatação, por um lado evidencia a potencialidade deste espaço de educação não formal como parceiro da escola no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que desde o início nota-se a postura motivadora e colaborativa entre os visitantes. Fato que corrobora o exposto no início do texto, quando da relação da educação formal e não formal. Por outro lado, as especificidades da Casa Maluca propiciam um ambiente favorável para a discussão e identificação de possíveis obstáculos epistemológicos presentes na argumentação dos alunos relacionados ao conceito gravidade. A partir deste chamariz, prosseguimos com o texto discutindo os obstáculos epistemológicos por nos identificados durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

A experiência primeira e o obstáculo realista (realismo ingênuo)

A partir da análise dos dados coletados durante as visitas à Casa Maluca, notamos que a maioria dos alunos traz uma grande influência do senso comum na compreensão do conceito gravidade, por exemplo, gravidade é:

[...] *a força que a Terra faz sobre nós [e] nos mantêm colados na Terra [porém, o contrário não ocorre] (QQ); A gravidade puxa pra baixo [apontando para os pés] (V₆A₂G).*

Em alguns casos inclusive ocorre uma confusão de conceitos:

[...] *É... Gravidade, Força e Empuxo [...] (V₆A₁G); [...] uma pressão puxando pra baixo (V₁A₄G).*

A maior parte dos alunos explica a gravidade como algo que “tende a puxar para baixo” uma “força pertencente à Terra”. Tal postura pode ser identificada como constituinte de um obstáculo epistemológico do tipo experiência primeira, uma vez que apesar de facilitar momentaneamente o entendimento do conceito, acaba por bloquear o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade.

Percebemos que muitos alunos acreditavam que a Terra atrai os objetos, mas que o contrário não faz sentido, assim, a experiência primeira apresenta-se como obstáculo para o correto entendimento da atração mútua entre os corpos. Por ser imperceptível aos sentidos, a ideia de atração gravitacional mútua entre os corpos é de difícil acesso, seja para os estudantes ou público em geral. Sua ‘não percepção’ contraria o senso comum, como notada nas falas de muitos alunos: [...] *a Terra atrai os corpos, mas os corpos [...] menores, não atraem a Terra (V₁A₄G).*

Em diversos momentos notamos que para muitos estudantes, um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional. Assim, para estes estudantes, um pássaro, um avião voando ou um astronauta nas proximidades da Terra não estão sob a ação da gravidade. Neste caso, notamos uma concepção alternativa muito difundida no âmbito do ensino de ciências, a associação entre força e movimento. Os alunos interpretam a existência de uma força (neste caso a gravidade) quase sempre na direção do deslocamento, assim, a gravidade só vai existir quando o corpo em questão “cair”. Deste fato um astronauta que “flutua” no espaço, não está sujeito à gravidade, e o mesmo vale para o avião em voo. Watts e Zylbersztajn (1981) já sinalizavam tais dificuldades dos estudantes. Em um trabalho com 125 estudantes ingleses de 14 anos de idade, os autores concluíram que 85% dos estudantes associaram erroneamente uma força no sentido do movimento, ascendente e descendente, de uma pedra.

A inclinação de 15° da Casa Maluca, juntamente com a disposição dos objetos foi decisiva para trabalhar esta questão com os alunos. A partir da atividade 4 foi possível trabalhar mais a fundo tais ideias expressas pelos alunos.

Se vocês não estivessem em contato com o chão vocês estariam sobre a ação da força da gravidade? (M)

Se não estivesse em contato com o chão? Não! (V₃A₂A₃G)

Olhe o taco, eu vou segurar ele bem na pontinha. Olha! Eu não estou fazendo força nenhuma, vou soltar [está perpendicular a Casa]. Ele tá em contato com o chão? (M)

Não ($V_9A_2A_3A_5G$)

E a gravidade atua sobre ele? (M)

Sim. (V_9A_2G)

Eu tinha perguntado: Se você não estivesse em contato com o chão [...] vocês me disseram não. (M)

Ah! Agora entendi [...] tudo está então [sob a ação da gravidade] (V_9A_2G)

A gravidade puxa tudo [apontando o taco e soltando um objeto no alto] (V_9A_2G)

Com a atividade 4, diversas situações foram sendo levantadas e discutidas, dentre elas, a afirmação de alguns alunos da não percepção da gravidade no ambiente externo a Casa e a afirmação de que a gravidade age de forma diferente em inclinações e planos. Tais afirmações evidenciam a recorrente explicação derivada da ação pouco pensada e da substituição do conhecimento pela admiração, neste caso, a admiração pela atividade com o taco de sinuca.

Quem pode me explicar o que está acontecendo aqui? [com o taco de sinuca] (M)

É a força gravitacional (V_5A_3G).

Lá fora vocês sentem está força? (M)

Não, lá fora a gente tá reto (V_5A_5G).

E na ladeira tem esta força? (M)

Não [...] É tem. Mais é menor (V_5A_5G).

Após a visita à Casa Maluca os alunos responderam a um questionário (Apêndice) no qual, dentre as questões formuladas, foram apresentadas sete situações seguidas da questão: "Em quais casos a gravidade atua e, qual sua direção?" (Figura 8). Sobre a primeira parte da questão, "Em quais casos a gravidade atua [...]", os resultados são apresentados no gráfico 1, a seguir. Quanto à segunda parte da questão, "[...] e, qual a sua direção?" houve uma variedade incomensurável de respostas, evidenciando a dificuldade da maioria dos alunos em entender e trabalhar com o caráter vetorial da gravidade.

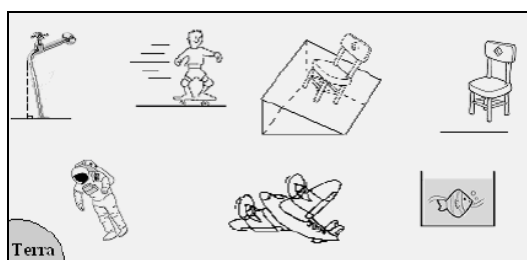


Figura 8: Em quais casos a gravidade atua e qual a sua direção?

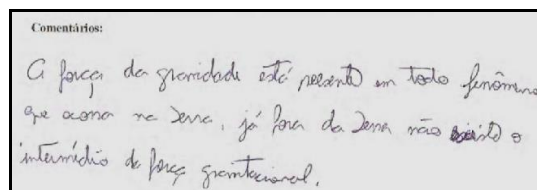


Figura 9: Comentário de uma aluna³

No que se refere à primeira parte da pergunta ("[...] em quais casos a gravidade atua"), o que chama a atenção é o fato de que a maioria dos alunos acredita que a atuação da gravidade restringe-se à região próxima da superfície da Terra (Figura 9), ou seja, 62% não acreditam que a gravidade atua sobre um avião em voo e ainda 96% afirmaram que um astronauta no espaço não está sobre a ação da gravidade: "[...] não tem [gravidade]. Claro que não! É um vácuo" (V_7A_1E). Estudos anteriores mostraram que os

³ Transcrição: "A força da gravidade está presente em todos os fenômenos que ocorrem na Terra, já fora da Terra não existe o intermédio da força gravitacional".

alunos muitas vezes consideram a atmosfera terrestre como a causa e limite da gravidade (NARDI; CARVALHO, 1996) e pensam que como no espaço não há atmosfera, não haverá gravidade (WATTS, 1982).

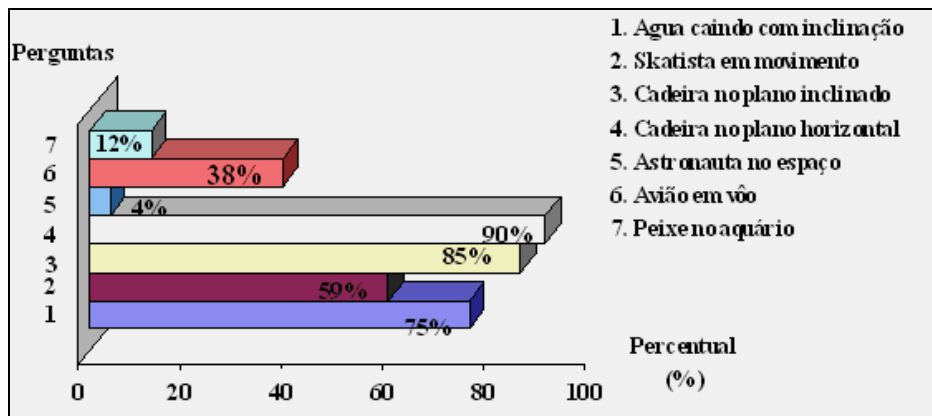


Gráfico 1: Em quais casos a gravidade atua?

Entendemos que tal concepção esteja associada ao obstáculo epistemológico que Bachelard chama de realista (realismo ingênuo). Tal obstáculo encontra-se impregnado no inconsciente, dificulta a abstração e é diretamente associado ao conhecimento comum ou à noção do real. O obstáculo realista é mais evidente quando constatamos que muitos alunos aceitam que a gravidade atua sobre objetos que estão sobre, ou próximo da superfície terrestre (Gráfico 1).

Durante as visitas, comumente os alunos atribuíam à gravidade a dificuldade em levantar-se da cadeira sem o auxílio das mãos, bem como a dificuldade em caminhar rapidamente pela Casa e equilibrar-se. Em diversas visitas também ficou evidente a dificuldade de alguns alunos em associarem a inclinação do filete d'água (atividade 3) à gravidade, não sendo rara a ocorrência de mistura de conceitos.

Ficou evidente, durante a análise das gravações, que muitos alunos falavam e gesticulavam sobre a parte 'de cima' ou 'de baixo' da Casa. Assim, para um melhor entendimento de nossa análise, optamos por considerar as indicações descritas na figura a seguir (Figura 10). Para muitos alunos a gravidade vai diminuindo à medida que caminham de 'B' para 'A', convertendo sem maiores questionamentos suas percepções em certeza absoluta de verdade.

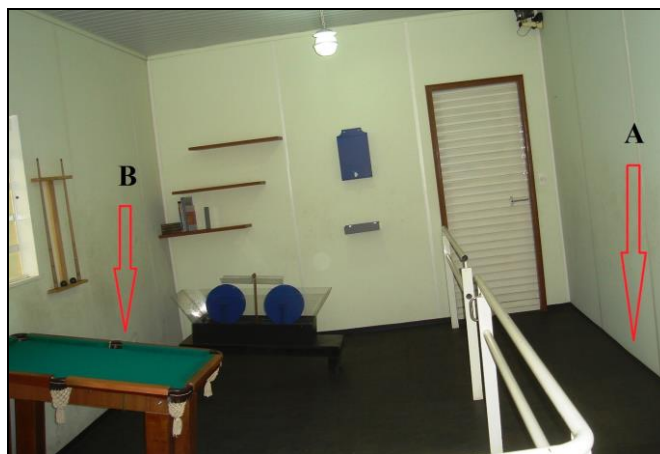


Figura 10: 'A' representa a parte "de cima" da Casa e 'B' a parte "de baixo" - no referencial da Casa.

A maioria dos alunos participantes da visita à Casa Maluca já haviam tido contato com o conceito gravidade em sala de aula, e mesmo assim ao serem indagados sobre o conceito gravidade prontamente relacionavam sua intensidade a pequena diferença de altura entre as diversas posições dentro da Casa, em especial aos pontos "A" e "B" da figura 10. Este realismo ingênuo foi trabalhado com os alunos a partir de uma analogia com uma situação muito familiar e cotidiana: uma rua inclinada.

[...] Imagina que vocês estão subindo uma ladeira, vocês estão inclinados também certo? Na ladeira vocês sentem a mesma coisa que vocês sentem aqui? Aqui vocês estão inclinados, na ladeira também estão. E aí? A gravidade atua sobre você lá na ladeira? (M)

Não é gravidade (V₆A₃G)

Não... A gente sente uma força mais não tão grande... Tem alguma coisa a mais nesta Casa? (V₈A₁G)

Na ladeira não tem esta força puxando pra lá (parte de baixo da Casa) (V₄A₂G).

Na ladeira não atua a gravidade? (M)

Tem. Mais aqui tem uma força muito maior (V₄A₂G).

Lá fora a gravidade atua? Tem gravidade? (M)

Lá fora tem a gravidade zero [...] Aqui ela tá puxando (V₄A₁G).

Este último comentário evidencia que o fato de o aluno não perceber a gravidade em situações cotidianas o leva a definir a gravidade fora da Casa como sendo 'um tipo de gravidade zero' - ausência de gravidade. Segundo Bachelard, o obstáculo realista está intimamente ligado à experiência primeira. Entendemos que estes dois primeiros obstáculos epistemológicos estão profundamente relacionados com as impressões e ideias que os visitantes constroem acerca do conceito gravidade a partir de suas experiências cotidianas, e do grande estranhamento sensorial que vivenciam ao entrarem na Casa Maluca.

Animismo

São inúmeras as colocações animistas em ciências, por exemplo, na repulsão elétrica fala-se em "um não gostar do outro" (BACHELARD, 1996). No caso da gravidade é comum dizer que a Terra "segura e puxa para baixo". A presença do obstáculo realista associado ao animismo tem como fins simplificar as explicações, no entanto acaba por dificultar futuras racionalizações.

Durante as visitas à Casa Maluca inferimos, a partir das falas e gestos dos alunos, que expressões animistas apareceram diversas vezes na argumentação com os visitantes. Notamos na fala, atitudes e gestos dos alunos a noção da gravidade como possuidora de características de seres animados. Como se a gravidade realmente estivesse segurando, puxando e empurrando algo.

[Atividade 5] e quero que vocês caminhem rapidamente em direção à saída. Assim que vocês [...] colocarem os pés lá fora me digam: O que vocês sentem? (M)

Parece que aqui não tem força nenhuma, aí dentro tava me segurando pra lá [parte baixa da Casa] aqui não. (V₆A₁G). Parou... [referindo-se a gravidade] (V₆A₂G)

Aqui não segura... [na saída da Casa, já do lado de fora]. Nossa, mas tá torto também [...] [rampa do lado de fora] Aqui parece que tá reto (V₅A₃G).

Vaiiii gente [...] quero experimentar... (V₇A₅G).

Vai, vai, vai [...] pára. Não puxa mais [referindo-se a gravidade] (V₇A₂G)

[...] É uma pressão [referindo-se a gravidade] que pára de puxar [...] mas aqui tem rampa [referindo-se a inclinação da Casa] (V₇A₂G)

Na Casa, a sensação do ambiente fechado e fisicamente alterado gera conflitos entre o que é percebido pelos olhos, que informa ao sistema nervoso que estamos no piso horizontal, e o que é detectado pelo labirinto que identifica o piso inclinado. Este desconforto desaparece em fração de instantes ao sair da Casa, mesmo a saída tendo uma rampa de acesso com inclinação igual a da Casa. Outros momentos da visita ofereceram evidências de um possível animismo nas falas e explicações dos alunos em relação ao conceito gravidade, por exemplo, na atividade 1 “[...] *O que vocês estão sentindo [tentando levantar da cadeira] (M)?*” “*Alguém me segurando no chão [...] pra lá [parte de baixo da Casa]*” (V₇A₁G).

Durante a visita percebemos que a inclinação de 15° da Casa, juntamente com a disposição dos objetos foi decisiva no comportamento dos visitantes, gerando um cenário onde as ideias de senso comum sobre gravidade foram sendo profunda e intrinsecamente questionadas pelos alunos.

O obstáculo verbal

A gravidade fez brilhantemente o papel de palavra obstáculo durante as visitas à Casa Maluca, evidenciando a arraigada presença das ideias de senso comum trazidas pelos estudantes. Em geral os alunos concebem a palavra gravidade como explicação em si para a queda dos corpos, não deixando espaço para discussões mais aprofundadas sobre o tema, por exemplo, a atração mútua entre os corpos.

A palavra gravidade como ‘a explicação’ para a queda dos objetos apareceu durante todas as atividades, evidenciando o fato de que este assunto é pouco explorado, ou explorado de forma inadequada nas escolas. Na atividade 1, por exemplo, vários alunos atribuíram à gravidade a dificuldade em se levantar da cadeira sem o auxílio das mãos, corroborando que para estes a gravidade por si só é a causa e explicação para a dificuldade se levantar, sem associarem a inclinação da Casa e a decomposição da força peso com a dificuldade em se levantar.

[Na cadeira] O que dificultou vocês de levantarem? (M)

A gravidade... eu tento vim pra cá (levantar) e não consigo [...] (V₂A₄G).

[...] Não... Não... É a gravidade (V₂A₅G).

[Na bica d’água] Bem, olha só aqui na torneirinha, como se explica isto? (M)

É a força potencial gravitacional, [...] não é? (V₅A₂G).

Sei lá [...] a gravidade, né (V₅A₃G).

Por meio da palavra gravidade, o obstáculo verbal acaba por exprimir a falsa convicção de que explica, e esta falsa convicção se torna evidente quando da explicação da queda dos corpos pela palavra gravidade. Assim, durante as visitas à Casa Maluca os alunos na busca de tentarem explicar tudo o que estão vivenciando, acabam por não explicar nada, “uma vez que a gravidade não transportava consigo a interpretação ou explicação da queda dos corpos” (MARTINS, 2006). Este achado corrobora pesquisas realizadas por Leboeuf e Borges (2002), onde relatam que muitos alunos empregam a palavra gravidade como se ela fosse por si só uma explicação. Revelam ainda que apesar de alguns estudantes do ensino médio já terem o ensino formal de gravidade não há grande evolução em relação a alunos do nível anterior pesquisados.

Substancialismo

Um achado que chama a atenção quando da compreensão do conceito gravidade entre os alunos é a confusão que alguns fazem entre diferentes conceitos, por exemplo, pressão, energia, empuxo e gravidade. Muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade ‘pressionadora’ dos corpos na Terra. Esta constatação corrobora com pesquisas desenvolvidas em ambiente formal de educação, como: “[gravidade é] uma pressão que puxa para baixo” (MINSTRELL, 1982); “[...] a pressão, ela te apoia, ela te segura” (LEBOEUF; BORGES, 2002). Associamos tais ideias ao obstáculo epistemológico substancialista, onde o espírito pré-científico atribui à substância, neste caso a atmosfera, qualidades diversas, por exemplo, pressionadora, fixadora dos corpos na Terra: “[...] A força da gravidade [...] é da pressão [...] tá empurrando pra lá [parte de baixo da Casa]” (V_8A_2G).

No substancialismo é frequente o acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo. Um exemplo refere-se à teoria de Boyle sobre a atração elétrica, a qual atribuía ao fluido elétrico às qualidades de viscoso, untuoso e tenaz, como se a eletricidade fosse uma cola (PRIESTLEY *apud* BACHELARD, 1996, p.128). Neste sentido é que para muitos alunos a gravidade carrega vários adjetivos (forte, rápida e intensa), atuando com intensidade diferente em variados objetos da Casa.

*[Na mesa de sinuca] Posso soltar [a bolinha] em outro ponto? (V_8A_3G)
Não importa aonde solta a bolinha, ela vai vim pra cá [parte de cima da mesa e parte de baixo da Casa] porque aqui a gravidade é maior mais forte e rápida. (V_8A_4G)*

Aqui a força [referindo-se a gravidade] [...] não é muito grande (V_5A_1G)

A pressão [referindo-se a gravidade] aí em cima é maior que aqui em baixo (V_7A_4G)

A sedução do obstáculo substancialista com a atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância leva o aluno a associar e explicar erroneamente diversas situações correlatas, por exemplo, a atuação da gravidade nas diversas atividades realizadas durante a visita à Casa Maluca. Estudos realizados por Palmer (2001) mostraram que frequentemente os estudantes têm concepções múltiplas na ciência, aplicando uma concepção a um problema e outra diante de outro problema relacionado. Durante as visitas à Casa Maluca, muitos alunos relacionaram erradamente a queda d’água (atividade 3) com a ideia de empuxo e não com a

gravidade, ou seja, atribuíram outros conceitos ao mesmo fenômeno vivenciado (uma relação água-empuxo).

E aqui na água [queda do filete d'água] o que vocês acham que está acontecendo?

A gravidade que "ela" falou que puxa pra baixo e pro lado (V₁A₃G).

Acho que não (V₁A₃G).

Quem acha que aqui é o mesmo conceito da mesa? (M)

Eu não sei. Eu não sei mesmo [...] Mesmo, mesmo. Eu não sei aqui (V₁A₄G).

Não sei. A gravidade do ar? (V₁A₃G).

Ééé... Empuxo (V₉A₃G).

É a força potencial gravitacional, não é? (V₅A₂G).

Muitos alunos afirmaram ainda que um peixe em um aquário, e no fundo do mar, não estão sob a ação da gravidade (Gráfico 1), atuando sobre o peixe apenas o empuxo. Interessante perceber que em uma das falas (acima sublinhada) o visitante ao tentar explicar a queda do filete d'água a partir da gravidade acaba por estabelecer duas direções para a gravidade, ou seja, a gravidade age para baixo, mas também age para o lado (no sentido da queda d'água no referencial de dentro da Casa).

Como afirma Bachelard (1996) é característica do substancialismo a ideia de que alguma substância, alguma coisa, facilita ou permite a ocorrência de determinado fenômeno. Na atividade 2, alguns alunos afirmavam que a bolinha subia a mesa (descia no sentido da inclinação da Casa) devido à presença de um ímã, situado na parede da Casa, que a puxava para lá. Para estes alunos o que ocorria era um truque.

Se eu colocar uma bolinha no meio desta mesa para onde ela vai? (M)

Pra lugar nenhum porque a mesa está reta (V₇A₂G)

Eu acho que [...] ela vai prá cá [parte de baixo da mesa, ou seja, subindo no sentido do piso da Casa] (V₇A₄G)

[...] Tem um ímã puxando pra lá [pare de cima da mesa, ou seja, descendo no sentido do piso da Casa] (V₄A₁G).

É uma pressão pra cá [apontando para perpendicular em relação ao plano da mesa] [...] e um ímã puxando [apontando para parte baixa da Casa] (V₇A₄G).

Para melhor entendimento das ideias dos alunos, talvez fosse necessário analisar mais a fundo o que eles entendem por força magnética, suas concepções alternativas e percepções dos fenômenos magnéticos. Assim seria possível entender a associação que fazem entre os fenômenos magnéticos e o conceito gravidade. No entanto, apesar de muito interessante, debruçar sobre estas questões neste momento alavancaria uma nova pesquisa. No entanto podemos conjecturar que a ideia de truque enunciado por alguns alunos, pode esconder a ideia errônea da queda dos corpos intermediada através de forças magnéticas.

Feedback

Durante a realização de entrevistas semiestruturadas nas escolas de origem dos visitantes, percebemos que a visita à Casa Maluca favoreceu e auxiliou o trabalho docente com os alunos, visto que a maioria dos professores durante a visita mencionaram não terem trabalhado previamente com os alunos o conceito gravidade

e, após a visita os alunos naturalmente começaram a perceber algumas manifestações da gravidade que normalmente passam despercebidas no cotidiano. Os excertos que se seguem deixam claro que o conceito gravidade foi trabalhado em sala de aula após as visitas à Casa Maluca, visto que, por um lado, durante as visitas em nenhum momento os alunos mencionaram ideias como atração entre os corpos e, por outro lado, salvo exceções, raramente os professores que acompanharam as visitas afirmaram terem trabalhado previamente o conceito gravidade com os alunos.

Vocês acreditam que a Terra atrai um objeto qualquer? (M)

Sim... É. (V₈A₅E)

E um objeto qualquer [...], por exemplo, uma pedra ou um pássaro atrai a Terra? (M)

Atrai também, mais com uma força menor (V₈A₄E) [a força é a mesma, ação e reação].

Tenta lembrar [...] Na visita à Casa. O que mais te mostrou que a Terra atrai os objetos, mesmo sem estar em contato com eles? (M)

Há... Sei lá. Acho que tudo. (V₈A₅E)

Tudo? Sem contato com... (M)

Não, não... O taco. Aquele baratinho de segurar, e ele ser puxado né (V₈A₅E)

Então porque ele fica preso a Terra? (M)

Porque ela tem massa maior (V₈A₅E)

Tipo. O taco tá reto em relação à gravidade, ele tá reto. Se eu levar o taco lá fora ele vai estar na mesma posição, exatamente reto, só que dentro da Casa dá a impressão de que ele está torto porque a gente tá torto [...] É atração da gravidade (V₈A₃E)

Percebemos manifestação de ideias que até então não haviam aparecido durante as visitas, como: atração mútua entre os corpos e referencial adotado. Este fato nos leva a concluir que a visita à Casa Maluca foi no mínimo motivadora para a contextualização e continuidade dos trabalhos relacionados ao conceito gravidade após a visita em sala de aula. Por outro lado, muitos alunos ainda continuaram considerando a gravidade com características de seres animados e como a explicação da queda dos corpos.

Bem, e quanto à ladeira, o que você me fala. Você sente o mesmo que na Casa? (M)

Não! Lá é diferente (V₆A₄E)

Como assim diferente, me explica (M)

É que o referencial nosso tava tudo... Torto. Então hora que você vê o taco aqui [gesticulando com as mãos] ele parece que tá torto, mas na verdade ele tá com relação ao referencial de fora [da Casa]. (V₆A₄E)

Ele tava reto não? Porque a Casa é inclinada... Mas continua sendo puxando pela gravidade. Na verdade ele tava inclinado com a Casa, se a Casa tivesse reta ele ia ser puxado reto. É a gravidade mesmo. (V₆A₁E)

Alguns professores participantes da pesquisa e que frequentam periodicamente o CDCC/USP revelaram que mesmo passado alguns meses da visita, a atividade ficou marcada na memória de muitos estudantes, o que auxiliou diversas discussões em sala de aula. Este fato pode evidenciar a dimensão temporal do “Modelo Contextual de Aprendizagem”, proposta por Falk e Dierking (2000), o qual sugere que, ainda que no

momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, às recordações de suas experiências durante a visita ao ambiente de educação não formal pode contribuir para um aprendizado futuro. Corrobora também com outros trabalhos de pesquisa que enfatizam a importância de se trabalhar o “pós-visita” em sala de aula, por exemplo, os trabalhos de Anderson et. al. (2000) enfocando o ensino de eletricidade e magnetismo com alunos australianos.

Considerações finais

Desde a sua inauguração a visita à Casa Maluca tornou-se uma das atividades mais procuradas do CDCC/USP, seja por visitantes espontâneos ou por visitas de grupos escolares. A Casa é uma atração à parte deste centro de ciências, pois instiga a curiosidade, motiva e faz os visitantes pensarem e refletirem mais sobre a percepção e ideias que têm dos fenômenos da natureza, particularmente a gravidade.

Durante as visitas fica evidente, em maior ou menor proporção, a influência dos contextos de aprendizagem propostos por Falk e Dierking (2000). A inclinação de 15° da Casa, seu contexto físico, foi decisiva na percepção da gravidade e discussão deste conceito com os visitantes. Ao entrar na Casa os alunos experimentam uma sensação de desequilíbrio causada pela decomposição de duas componentes da força gravitacional (nula quando estamos na vertical ou imperceptível em pequenas inclinações). O efeito causado por estas alterações foram fundamentais para a problematização do conceito gravidade com os alunos.

Percebemos também que a postura de cada visitante: ansiosos, pensativos, receosos e até tímidos, frente aos objetos expostos estava profundamente relacionada à bagagem intelectual, social e cultural que traziam para a visita, o que Falk e Dierking chamam de contexto pessoal da aprendizagem. Cada visitante criava expectativas próprias e motivações particulares sobre a visita. Os estudantes ao serem questionados sobre suas ideias, muitas vezes trazidas pelo senso comum, acabavam socializando seus conhecimentos com seus pares, professores e monitores do CDCC, caracterizando o contexto sociocultural da aprendizagem. Este fato gerou um ambiente bastante propício para as discussões do tinham acabado de vivenciar na Casa e do conceito gravidade propriamente dito.

No decurso da pesquisa identificamos alguns obstáculos epistemológicos relacionados ao entendimento do conceito gravidade, como: experiência primeira (para muitos alunos a Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim a Terra atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido); obstáculo realista (realismo ingênuo) (vários alunos enunciaram a ideia de que um objeto não estando em contato com o solo não está sob a ação da força gravitacional, assim inferem que um astronauta nas proximidades da Terra não está sobre a ação da gravidade); evidências de animismo (a gravidade é entendida como algo que realmente “puxa, empurra e segura para baixo”); substancialismo (muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade “pressionadora, fixadora” dos corpos na Terra) e obstáculo verbal (em geral os alunos concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos).

Acreditamos que a atividade Casa Maluca apresenta-se como um excelente recurso didático para os professores, licenciandos e monitores, onde os estudantes se veem

questionados sobre suas ideias a respeito do conceito gravidade trazidas pelo senso comum. Durante a visita, o aluno não só é indagado sobre suas concepções de senso comum, mas também é levado a perceber que a gravidade atua o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos.

Não pretendemos esgotar um tema tão rico e complexo com estas páginas. Esperamos que este texto seja um chamariz para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo a epistemologia bachelardiana e os espaços de educação não formal. Que esta pesquisa seja fonte de consulta e estudos para professores, licenciandos, monitores e pesquisadores, e fomenta as discussões sobre o conceito gravidade durante a realização de visitas à Casa Maluca e sobre as atividades desenvolvidas em espaços de educação não formal. Enfim, acreditamos que trabalhar com os estudantes o tema gravidade em um ambiente físico alterado, como a Casa Maluca, pode contribuir para questionar conceitos trazidos pelo senso comum e identificação de obstáculos epistemológicos arraigados em suas concepções sobre o tema.

Referências

ANDERSON, D.; LUCAS, K.; GINNS, I.; DIERKING, L. Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities, **Science Education**, v.84, n.5, p.658–679, 2000.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.

BAR, V; ZINN, B. Similar Frameworks of Action-at-a-Distance: Early Scientists' and Pupils' Ideas, **Science and Education**, v.7, n.5, p.471-491, 1998.

CHAMPAGNE, A.; KLOPFER, L.; ANDERSON, J. Factors influencing the learning of classical mechanics, **American Journal of Physics**, v.48, n.12, p.1074-1079, 1980.

COLOMBO JR, P. D.; SILVA, C. C. Percepção da Gravidade em uma intrigante visita à Casa Maluca do CDCC/USP, **A Física na Escola**, v.11, n.1, p.15 - 19, 2010.

DOMINGUINI, L.; SILVA, I. B. Obstáculos a construção do espírito científico: reflexões sobre o livro didático. In: **Congresso Internacional de Filosofia e Educação (CINFE)**, 2010. Caxias do Sul, RS, Maio, 2010. Disponível em: <<http://www.uces.br/ucs/eventos/cinfe/artigos/artigos>>. Acesso em: 05 Mai. 2013.

FALK, J. H.; DIERKING, L. D. **The museum experience**, Washington: Whalesback Books, 1992, 206 p.

_____. **Learning from Museums. Visitor Experiences and the Making of Meaning**, Lanham: Altamira Press, 2000, 288 p.

GÖNEN, S. A study on student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity, **Journal of Science Education and Technology**, v.17, n.1, p.70-81, 2008.

HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion, **American Journal of Physics**, v.53, n.11, p.1056-1065, 1985.

HÜLSENDEGER, M. Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos, **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v.21, n.3. p.377-391, 2004.

KAVANAGH, C.; SNEIDER, C. Learning about gravity I. Free fall: A guide for teachers and curriculum developers, **The Astronomy Education Review**, v.5, n.2, p. 21-52, 2007.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. 240f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004.

LEBOEUF, H. A.; BORGES, T. Cai por causa do ar: a gravidade como ação à distância. In: **VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF. 2002. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/viii/PDFs/CO14_2r.pdf>. Acesso em: 23/05/2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**, São Paulo: EPU, 1986, 99 p.

MARANDINO, M. (Org.). **Educação em museus: a mediação em foco**, São Paulo: GREENF /FEUSP, 2008, 36 p.

MARTINS, A. F. P.; PACCA, J. L. A. O conceito de tempo entre estudantes de ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard, **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.3, p. 299-336, 2005.

MARTINS, R. A. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de História e Filosofia das Ciências**, São Paulo: Livraria da Física, 2006, 381 p.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de aproximação, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214, 1995.

MELO, A. C. S. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica**. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MINSTRELL, J. Explaining the 'at rest' condition of an object, **Physics Teacher**, v.20, n.1, p. 10-14, 1982.

NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. de. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.2, p. 132-144, 1996.

NUSSBAUM, J.; NOVICK D. Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study, **Science Education**, v.63, n.1, p. 83-93, 1979.

OSTERMANN F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999.

PALMER, D. Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity, **International Journal Science Education**, v. 23, n.7, p. 691-706, 2001.

TEODORO S. R. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. 2000. 139f. Dissertação, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.

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

WATTS, M. Gravity - do not take it for granted! **Physics Education**, v.17, n.3, p.116-121, 1982.

ZIRBEL, E. L. Framework for conceptual change. **Astronomy Education Review**. v.3, n.1, p. 62-76, 2004.

Submetido em outubro de 2012, aceito em julho de 2013.



A percepção da gravidade na ‘Casa Maluca’ do CDCC/USP: Uma análise à luz de Gaston Bachelard

Apêndices

I. ROTEIRO / QUESTIONÁRIO

PARTE A

- ✓ As informações prestadas são estritamente confidenciais, sendo utilizadas apenas para fins desta pesquisa.

1. Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

2. Você já visitou à Casa Maluca outras vezes?

- () Sim, uma vez () Sim, duas vezes
() Sim, três vezes ou mais () Não, nunca havia visitado

3. O que chamou mais a sua atenção na Casa Maluca: (Assinale quantos itens julgar necessário)

- () A bica d’água (torneira) () A roda d’água
() A mesa de sinuca () Levantar da cadeira
() A sua imagem no espelho () _____
() O relógio de parede () _____

4. Dentre as figuras abaixo, indique com um círculo em quais casos a gravidade atua e indique com um vetor (flecha) a orientação da gravidade.

OBS.: **Figura 8** do texto (entregue separadamente aos alunos).

Comentários:

PARTE B

(Assinale apenas os itens que julgar correto – PODE SER MAIS DE UM ITEM)

5. O que acontece com uma bola quando soltamos na mesa de bilhar?

- () Ela sobe indo na direção do centro da Terra
- () Ela é atraída pela Terra, e também atrai, por intermédio da gravidade.
- () Ela é atraída pela Terra, e também atrai, por intermédio de uma força que não é a gravidade.
- () Ela é desviada pela força peso
- () Ela é desviada da vertical por uma componente da força peso

6. O que você observou quando abrimos a torneira dentro da Casa Maluca?

- () A água caiu verticalmente com relação ao piso da Casa
- () A água caiu verticalmente com relação ao piso externo
- () A água caiu em direção ao centro da Terra devido ao empuxo
- () A água caiu em direção ao centro da Terra devido à ação da gravidade
- () A água caiu em direção ao centro da Terra devido a uma força que não é empuxo nem a gravidade

7. Você notou a dificuldade para se levantar de uma cadeira na Casa Maluca. Como você explicaria isso baseado em forças que agem em você e na cadeira?

8. Em física, o que você entende pelo termo gravidade?

Opinião/Críticas/Sugestões:

II. ROTEIRO / ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

1. Você gostou da visita ao CDCC/USP e à Casa Maluca? O que você se lembra da visita à Casa Maluca? O que mais te chamou a atenção?
2. A respeito da dificuldade em se levantar da cadeira da Casa Maluca: Como você explicaria baseado em forças que agem em você e na cadeira
3. Em uma ladeira você sente o mesmo que você sentiu dentro da Casa Maluca? Qual a diferença? Há ação de alguma força diferente na ladeira?
4. Em física, o que você entende pelo termo gravidade? Existe um limite para a ação da gravidade?
5. A Terra atrai um objeto qualquer? E um objeto qualquer, por exemplo, uma pedra ou um pássaro atrai a Terra?