**Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação**

PEDRO DONIZETE COLOMBO JUNIOR

**A PERCEPÇÃO DA GRAVIDADE EM UM ESPAÇO
FISICAMENTE MODIFICADO: UMA ANÁLISE À LUZ DE
GASTON BACHELARD**

São Paulo

2010

PEDRO DONIZETE COLOMBO JUNIOR

**A PERCEPÇÃO DA GRAVIDADE EM UM ESPAÇO
FISICAMENTE MODIFICADO: UMA ANÁLISE À LUZ DE
GASTON BACHELARD**

Dissertação de mestrado apresentada à Comissão
do Programa de Pós-Graduação Interunidades em
Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo,
como requisito para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Ciências

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra Cibelle Celestino Silva

Banca examinadora:

Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

(IFSC/USP)

Prof. Dr. Antonio Aprígio da Silva Curvelo

(CDCC/USP)

Profa. Martha Marandino

(FEUSP/USP)

São Paulo

2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.**

Colombo Junior, Pedro Donizete

A percepção da gravidade em um espaço fisicamente modificado: uma análise à luz de Gaston Bachelard – São Paulo, 2010.

Mestrado (Dissertação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientadora: Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Gravidade; 3. Gaston Bachelard; 4. Centros de ciências; 5. Educação não-formal.

USP/IF/SBI-003/2010

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ser o pilar que sustenta minha vida, por ter sido meu apanágio nas inúmeras idas e voltas semanais a São Paulo durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Pedro e Geny, por sempre me apoiarem nos meus projetos e sonhos. Por mostrarem que o impossível pode sim ser possível quando visto com um novo olhar, por torcerem por mim. À minhas irmãs, Christiane, Andreza (Kaiky) e Olívia, sangue de meu sangue, pelo apoio e incentivo desde meu ingresso na universidade. Muito obrigado família, base de minhas alegrias.

A uma pessoa muito especial na minha vida, Daniela (Dani), que por vezes não me deixou desanimar, sempre acreditando em mim, me motivando a caminhar e tendo muita paciência para me ouvir. A Heitor, Cristina, Ná, JP, Edu, Léo, Malu, Cido e Ana Paula, extensão de minha família, por saber que sempre posso contar com eles.

À Cibelle, pela amizade, confiança e orientação desde a Iniciação Científica. Agradeço por me mostrar que vale a pena sonhar e lutar pelos nossos sonhos, pela motivação e produtivas discussões.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa, os atuais e os que deixaram saudades, Anita, Aldo, Breno, Nilva, Alexandre, Carol e Cassiano, pelo apoio, incentivo, companheirismo e troca de experiências, durante a realização deste trabalho. Em especial à Silvia pelas inúmeras discussões sobre educação não-formal e companheirismo.

À Maria Cristina V. L. da Silva (Cris) do IFSC/USP, à Ellen G. Pedroso e Thomas A. F. dos Santos do IFUSP, pelo sempre atencioso atendimento aos alunos.

Ao diretor do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP), professor Antonio Aprígio da Silva Curvelo, por abrir as portas do centro de ciências para a realização deste trabalho, pelas enriquecedoras sugestões no exame de qualificação e participação da banca de defesa. Aqui fica relatado meu muito obrigado.

Ao professor Henrique César da Silva, pelas valiosas sugestões no exame de qualificação.

A toda a equipe de funcionários do CDCC e em especial aos monitores, os quais não citarei nomes para não correr o risco de esquecer alguém e ser injusto com estas pessoas que tanto me auxiliaram na execução da parte prática deste trabalho.

Ao responsável pelo setor de áudio visual do CDCC, José Braz Mania que tornou possível as gravações em áudio e vídeo das visitas à Casa Maluca.

Agradeço de forma especial à Adriana Rinaldi Martins, responsável pelo setor educativo e monitores do CDCC, pelo apoio, incentivo e horas... de conversas sobre educação não-formal e centros de ciências.

À professora Martha Marandino pela participação na banca de defesa, leitura crítica do texto e as enriquecedoras discussões.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo número: **2007/06055-0**) pelo apoio financeiro.

Enfim, meu muito obrigado a todos que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

CONTRÁRIOS

(CD Vida – Som livre)

Só quem já provou a dor
Quem sofreu, se amargurou
Viu a cruz e a vida em tons reais
Quem no certo procurou
Mas no errado se perdeu
Precisou saber recomeçar

Só quem já perdeu na vida sabe o que é ganhar
Porque encontrou na derrota o motivo para lutar
E assim viu no outono a primavera
Descobriu que é no conflito que a vida faz crescer

Que o verso tem reverso
Que o direito tem avesso
Que o de graça tem seu preço
Que a vida tem contrários
E a saudade é um lugar
Que só chega quem amou
E que o ódio é uma forma tão estranha de amar

Que o perto tem distâncias
Que esquerdo tem direito
Que a resposta tem pergunta
E o problema solução
E que o amor começa aqui
No contrário que há em mim
E a sombra só existe quando brilha alguma luz.

Só quem soube duvidar
Pôde enfim acreditar
Viu sem ver e amou sem aprisionar
Quem no pouco se encontrou
Aprendeu multiplicar
Descobriu o dom de eternizar

Só quem perdoou na vida sabe o que é amar
Porque aprendeu que o amor só é amor
Se já provou alguma dor
E assim viu grandeza na miséria
Descobriu que é no limite
Que o amor pode nascer

Fábio de Melo

Padre, Compositor, Cantor e Poeta

RESUMO

COLOMBO JR, Pedro Donizete. **A percepção da gravidade em um espaço fisicamente modificado: uma análise à luz de Gaston Bachelard**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) – Instituto de Física, Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Este trabalho teve como objetivo central 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 Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo. 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 as noções de obstáculos e perfil epistemológicos propostos Gaston Bachelard e metodologia de pesquisa do tipo quantitativa e qualitativa, apoiada em observação, aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas. A análise dos dados apontou a presença de alguns obstáculos epistemológicos proposto pela epistemologia bachelardiana, tais como: experiência primeira, realismo ingênuo, substancialismo, animismo e obstáculo verbal; demonstrou ainda algumas das dificuldades dos alunos em entender o conceito gravidade e seu caráter vetorial. Também ficou clara a influência dos contextos de aprendizagem (pessoal, sociocultural e físico) nas atividades realizadas. Em diversos momentos, as atividades realizadas na Casa Maluca ilustraram, em maior ou menor proporção, a interpolação destes três contextos.

PALAVRAS CHAVE: Gravidade, Gaston Bachelard, centros de ciências, Educação Não-formal

ABSTRACT

COLOMBO JR, Pedro Donizete. **The perception of gravity in a physically modified space: an analysis based on Gaston Bachelard.** 2010. Thesis (Dissertation) – Instituto de Física, Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

The main objective of this research was to understand how a modified physical space can influence the perception and explanations about gravity held by high school students. This research was conducted in the “Mad House” of Centre of Scientific and Cultural Dissemination of the University of Sao Paulo. This is a house with walls and floor tilted by an angle of 15 degrees in relation to the external framework. When the visitor enters the house, she/he experiences alterations in the perception of some daily phenomena related to the force of gravity. The adopted theoretical framework were the notions of epistemological obstacles and profile proposed by Gaston Bachelard. The research methodology relied on quantitative and qualitative analysis by means of observations, questionnaires, video and audio recordings and semi-structured interviews. The data analysis points to the presence of some epistemological obstacles proposed by the bachalerdian epistemology, such as; first experience, animism, naive conceptions and verbal obstacle; it also demonstrated some of student’s difficulties in understanding gravity concept and its vector character. The influence of the three learning contexts (personal, social cultural, physical) also became clear during the activities. In different moments, the activities performed inside the “Mad House” illustrated in larger or smaller scales the interpolation of the three contexts.

KEYWORDS: Gravity, Gaston Bachelard, science centers, Informal Education

SUMÁRIO

Apresentação	15
Capítulo 1	21
Centros de ciências: espaços educativos complementares à educação formal.....	21
1.1 Educações em centros de ciências	22
1.2 Centros de ciências e a educação não-formal	24
1.3 Os contextos de aprendizagem	28
Capítulo 2	33
O conceito gravidade	33
2.1 Algumas considerações sobre gravidade	34
2.2 O conceito gravidade na pesquisa em ensino de ciências.....	35
Capítulo 3	53
Gaston Bachelard como referencial teórico	53
3.1 – Alguns aspectos da epistemologia bachelardiana.....	54
3.2 - A noção de obstáculos epistemológicos	57
3.2.1 A experiência primeira e o realismo (realismo ingênuo).....	58
3.2.2 O conhecimento geral	60
3.2.3 O substancialismo	62
3.2.4 O animismo.....	63
3.2.5 O obstáculo verbal	65
3.2.6 O conhecimento unitário e pragmático	67
3.3 A noção de perfil epistemológico	69
3.4 Bachelard e o Ensino de Ciências.....	74
Capítulo 4	81
Contextualização do local investigado	81
4.1 O Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP)	82
4.2 A Casa Maluca.....	83
4.3 Sensação e Percepção na Casa Maluca.....	88

Capítulo 5	95
Metodologia.....	95
5.1 Detalhamentos da metodologia.....	96
5.2 Os sujeitos da pesquisa	100
5.3 A forma de análise dos dados	101
 Capítulo 6	 103
Resultados	103
6.1 Visitas à Casa Maluca: uma introdução.....	104
6.2 Obstáculos epistemológicos.....	105
6.2.1 A experiência primeira e o realismo ingênuo	107
6.2.2 Animismo	117
6.2.3 O obstáculo verbal	119
6.2.4 Substancialismo	120
6.3 Motivações.....	125
6.4 Discussões de um primeiro perfil epistemológico.....	127
 Capítulo 7	 135
Considerações finais	135
 REFERÊNCIAS	 143
 ANEXOS	 151
I - Percepção da gravidade em uma intrigante visita à casa maluca	152
II - Alguns aspectos da história dos museus	164
III - Questionário	167
IV - Textos para a entrevista semi-estruturada.....	169

APRESENTAÇÃO

A partir da década de oitenta do século passado houve um grande incentivo no país para o desenvolvimento e criação de museus e centros de ciências gerando uma grande aceitação por parte do público (CAZELLI et al. 2003). Apesar disso, ainda há muito a ser feito no campo de pesquisas em centros de ciências, seja na perspectiva de formação de professores, atuação de monitores (mediadores), visitantes (espontâneos e escolares) e objetos ou exposições. É certo que este quadro tem se alterado rapidamente graças à contribuição de vários trabalhos desenvolvidos ao longo dos últimos anos (FALK 2001; MARANDINO et al. 2003; STUDART et al. 2003; GRIFFIN 2004; TRAN 2007; BRAUND e REISS 2006; COLOMBO et al. 2009, entre outros).

Em particular, não encontramos trabalhos que abordem o conceito gravidade em um contexto de educação não-formal, como o caso da Casa Maluca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP). Sendo assim, esta pesquisa busca entender e discutir questões relativas à percepção dos visitantes (estudantes do ensino médio) acerca da força gravitacional em um espaço fisicamente alterado, a Casa Maluca (Figura 1), e como este espaço modificado influencia as explicações dos estudantes sobre o tema.

A Casa Maluca faz parte uma série de experimentos interativos do Jardim da Percepção localizado na área externa do CDCC/USP. Esta é uma casa com piso e paredes inclinados com ângulos de 15 graus em relação ao referencial externo. No interior da Casa Maluca os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com equilíbrio, sensações visuais e força gravitacional.

Figura 1. A Casa Maluca

Diversos estudos mostram que os alunos trazem consigo noções de senso comum a respeito de fenômenos da natureza, em especial sobre o conceito gravidade. Uma rápida busca bibliográfica nos mostra que em geral as pessoas têm concepções errôneas a respeito da gravidade e que em geral os estudantes trazem consigo noções de senso comum a respeito de fenômenos da natureza (WATTS 1982; HALLOUN e HESTENES 1985; HÜLSENDEGER 2004; KAVANAGH e SNEIDER 2007, entre outros).

Nardi e Carvalho (1996) ao realizarem uma pesquisa com crianças de diversas faixas etárias concluíram que entre seis e oito anos de idade as crianças não compreendem a atração de um objeto para o centro da Terra, sendo improdutivo a utilização de termos como *gravidade*, *força gravitacional* ou *campo gravitacional*. Por volta dos onze anos embora entendam que os corpos são atraídos na direção do centro da Terra, muitas vezes pensam que o fim da atmosfera terrestre limita esta ação.

Palmer (2001) relatou que freqüentemente os estudantes têm concepções múltiplas na ciência e que aplicam uma concepção a um problema e outra diante de outro problema relacionado. Por exemplo, a ação da gravidade sobre uma série de objetos móveis e/ou não-móveis em situações diárias. Alguns estudos apontam que alunos com conhecimentos formais em ciência tendem a usar um vocabulário mais sofisticado, porém os tipos de erros que cometem são similares aos cometidos por alunos mais novos e que ainda não estudaram ciências (KAVANAGH e SNEIDER 2007).

Quando o assunto é a gravidade, explicações advindas do senso comum aparecem inevitavelmente. O senso comum é uma espécie de terreno fértil para nosso pensamento e nossas ações. Em muitos casos, ao destronar o senso comum é que surgem oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas (PATY 2003). Uma das maneiras 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.

Adotamos como referencial teórico principal as noções de obstáculos e perfil epistemológico proposto pelo francês Gaston Bachelard. O autor considera que obstáculos epistemológicos inevitavelmente surgem nas relações entre o sujeito e o objeto do conhecimento (neste caso, entre estudantes e a força da gravidade em espaços cotidianos e fisicamente alterados). Segundo Bachelard o progresso do conhecimento depende da superação de obstáculos, que nunca é definitiva. 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. A metodologia de pesquisa adotada é uma combinação de pesquisa quantitativa e

qualitativa apoiada em observação, aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas.

Durante a visita à Casa Maluca os visitantes têm a oportunidade de perceberem que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos. Acreditamos que trabalhar com os estudantes o tema gravidade em um ambiente físico alterado pode contribuir para desmistificar conceitos trazidos pelo senso comum e identificação de obstáculos epistemológicos enraizados em suas concepções sobre o tema.

CAPÍTULO 1

CENTROS DE CIÊNCIAS:
ESPAÇOS EDUCATIVOS
COMPLEMENTARES À
EDUCAÇÃO FORMAL

[...] a ciência somente é relevante para a vida de uma pessoa quando ela pensa que a ciência a afeta diretamente e quando sente que possui a capacidade de influenciar o modo com que a ciência afeta sua vida (RENNIE e WILLIAMS 2006).

1.1 Educações em centros de ciências¹

Décadas atrás, ensinar Ciências era considerado uma tarefa da escola e o legado de educar (hábitos e costumes, valores morais e cívicos) era deixado para a família. Hoje, entretanto, isso não é mais uma verdade incontestável, já que a escola não é mais apenas um núcleo de formação acadêmica, passou também a atuar na formação política, social e cultural de seus alunos. Nos últimos anos vêm surgindo inúmeros trabalhos relatando que o papel de ensinar Ciências também não é mais exclusividade das escolas (ou nunca foi). Não é difícil perceber que mesmo que se esforçasse muito, a escola sozinha não conseguiria dar conta da gama crescente do vertiginoso progresso científico e tecnológico de nossos dias, pois não há tempo e nem espaço em seus limitados currículos e programas.

Segundo Gaspar (1993) a inconformidade com esta realidade tem levado muitos indivíduos e instituições de ensino a procurarem formas alternativas de ensinar ciências. Assim a educação formal, ou escolar, vem sendo crescentemente complementada por outros ramos de educação, como educação não-formal e informal. Estes dois tipos de

¹ Recentemente durante a 20ª Assembléia Geral de Barcelona, Espanha (2001), com base no Comitê Internacional de Museus (ICOM), o termo “museu” foi definido como “instituição permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, investiga, difunde e expõe os testemunhos materiais do homem e de seu entorno, para educação e deleite da sociedade”. Também se estabeleceu que além das instituições designadas como “museus”, se consideram incluídas nesta definição instituições como centros de ciências e planetários; sítios e monumentos naturais, arqueológicos e etnográficos; instituições que conservam coleções e exibem exemplares vivos de vegetais e animais – como os jardins zoológicos, botânicos, aquários e vivários; parques naturais, entre outras. Usaremos neste trabalho o termo centro de ciências, pois consideramos que este é o termo que melhor exprime nosso local de trabalho, Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo.

Maiores informações podem ser obtidas em: *International Council of Museums*. Disponível em: <http://icom.museum/>. Acesso em 23 Mai 2009; e *Sistema Brasileiro de Museus*. Disponível em: http://www.museus.gov.br/oqueemuseu_museusicom.htm Acesso em: 23 Mai 2009.

educação buscam suprir necessidades e oferecer dinâmicas que a escola convencional normalmente não pode oferecer². Apesar de a escola tradicional ter a maior parcela de responsabilidade na formação científica da sociedade, nas últimas décadas outros tipos de locais passaram a contribuir neste sentido, dentre elas destacamos os museus e centros de ciências.

Em geral os alunos quando se deparam com a ciência ensinada nas escolas a vêem como ultrapassada e sem graça, sendo frequentemente desmotivados pela forma com que ela é apresentada. Segundo Falk e Dierking (2000), o aprendizado compreende um diálogo entre o indivíduo e os contextos pessoal, sociocultural e físico em que está inserido. Na escola muitas vezes não existe este diálogo, assim o aluno acaba não incorporando o que está sendo estudado e esquece rapidamente o que lhe foi ensinado. Braund e Reiss (apud AROCA 2009, p. 42) advertem para necessidade de se incluir nos tópicos ensinados nas aulas de ciências atividades fora da sala de aula, como visitas a museus e centros de ciências. Para eles, os alunos ao se depararem com tópicos da ciência fora do âmbito escolar, começam a ver a ciência como mais atraente, motivadora e desafiante.

Os centros de ciências podem desempenhar um papel importante no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que tem a capacidade de nutrir a curiosidade dos visitantes e criar um senso de maravilha que sustenta o desejo de aprender e de entender aquilo que é vivenciado. A motivação e curiosidade desencadeadas nestes locais podem ressurgir semanas, meses e até anos depois de uma visita, de modo que estes locais podem levar os visitantes a terem uma nova postura frente ao conhecimento científico.

² Não há consenso sobre a natureza da aprendizagem promovida por estes novos parceiros da educação formal. A este respeito, discutiremos com detalhes na seção 1.2.

Espaços não formais como os centros de ciências são espaços com objetivos, funções e público alvo muito variado uma vez que são visitados pelas diversas faixas etárias, etnias e classes sociais de nossa sociedade. Nestes locais o público exhibe diferentes níveis de compreensão dos temas apresentados, já que trazem uma bagagem cultural distinta (GOUVÊA et al., 2001).

O público escolar são os frequentadores mais assíduos dos museus em todo o mundo. No caso do Brasil, na maioria das vezes, é somente por meio da escola que “crianças e jovens das classes em desvantagens econômicas visitam as instituições culturais” (CAZELLI apud MARANDINO 2008, p. 24). Alguns estudos investigando o valor intrínseco das visitas guiadas em centros de ciências indicaram que grupos de estudantes que participam de visitas têm claro ganho cognitivo, em comparação com aqueles que não participam (GRIFFIN 2004). Desta maneira, a visita a um centro de ciências favorece não só a aprendizagem em ciências, mas o crescimento pessoal do indivíduo, pois neste ambiente o aluno se vê questionado e tem a possibilidade de refletir a sua prática enquanto estudante.

1.2 Centros de ciências e a educação não-formal

Focalizando as visitas de grupos escolares a centros de ciências, podemos dizer que os 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. Para uma melhor contextualização do tipo de educação que ocorre em centros de ciências buscamos entender características básicas da educação formal, não-formal e informal.

No Brasil grande parte dos pesquisadores classifica os centros de ciências como locais de educação não-formal. Por outro lado, em muitos países de língua inglesa o termo ensino não-formal não é muito conhecido e os pesquisadores adotam outras denominações, como educação informal, educação comunitária ou pedagogia social (SMITH apud AROCA 2009).

A educação formal (ou escolar) está bem definida, sendo o modelo mais conhecido e utilizado pelas escolas de todos os níveis, que geralmente apresentam currículo e metodologias rígidos (BIANCONI e CARUSO 2005). Entretanto, a definição de educação não-formal e informal é muito discutida e muitas vezes os termos formal, não-formal e informal são utilizados de modo não consensual.

Segundo Cazelli (apud MARANDINO 2008) há diferentes definições nas literaturas anglofônica e lusofônica para esta classificação. Enquanto pesquisadores de língua inglesa chamam a educação em ambiente fora da escola de educação informal, pesquisadores de língua portuguesa subdividem a educação em ciências que ocorre fora da escola em educação não-formal e educação informal. Este último termo compreende ambientes cotidianos familiares, de trabalho, de amigos e de lazer.

Para Garcia Blanco (apud MARANDINO et al. 2003) a educação não-formal pode ser definida como atividades e programas organizados fora do sistema escolar, porém sempre destinados a atingir objetivos educacionais, por exemplo cursos de idiomas e cursos de capacitação profissional. Por outro lado, a educação informal englobaria os chamados museus e centros de ciências, juntamente com outros meios de divulgação (jornais, revistas e internet).

Com outro viés, Falk (2001) caracteriza o aprendizado que ocorre fora da escola, especialmente em museus e centros de ciências, organizações comunitárias e internet

como sendo de livre escolha (*free choice learning*), definindo o termo como sendo um aprendizado não seqüencial, voluntário e flexível, guiado pelas necessidades intrínsecas e interesses do próprio indivíduo. Neste tipo de educação torna-se necessária uma preocupação especial com o material utilizado, uma vez que o contato aluno-professor é reduzido. Griffin (1997) defende que a aprendizagem informal é caracterizada por livre escolha, não seqüencial e voluntária. A autora complementa que museus de ciências são locais ideais para desenvolvimento de este tipo de aprendizagem.

A vasta gama de definições de educação formal, não-formal e informal torna difícil impor limites claros entre essas práticas educacionais. Assim, uma colocação muito importante, quando se trata dos diferentes tipos de educação, é o ambiente físico em que ocorrem. O ambiente físico não deve ser considerado como fator limitante para tais práticas educacionais. Por exemplo, uma feira de ciências em um ambiente escolar (tradicional) poderia enquadrar-se perfeitamente em uma classificação de educação não-formal, mesmo ocorrendo em um ambiente definido consensualmente como de educação formal. Por outro lado, um curso de extensão para professores, poderia ser enquadrado perfeitamente em uma classificação de educação formal, mesmo sendo desenvolvido em um centro de ciências.

Compartilhamos com Marandino (2008) que podemos analisar nossas instituições, e as atividades que nela se desenvolvem, de forma integrada ou separadamente.

[...] Podemos ainda realizar essa análise pelo ponto de vista do aprendiz. Dessa forma, um museu, por exemplo, poderia ser nomeado como um espaço de educação não-formal quando o pensamos como instituição, com um projeto de alguma forma estruturado e com um determinado conteúdo programático [...] poderíamos considerá-lo como educação formal, quando alunos o visitam com uma atividade totalmente estruturada por sua escola, buscando aprofundamento em um determinado conteúdo conceitual [...] e podemos, ainda sob o olhar do público, imaginá-lo como educação informal, ao pensarmos em um visitante que procura um museu para se divertir em um final de semana com seus amigos ou familiares (MARANDINO 2008, p. 15).

Em meio a gama de ideias e definições colocadas, podemos indagar, afinal quais seriam as características básicas, ou como definir, cada categoria de educação formal, não-formal e informal? Para responder a esta questão, nos apoiamos em um documento clássico da UNESCO (1972) intitulado “Aprendendo a ser” (*Learning to be*), onde se estabeleceram metas quanto à educação ao longo da vida (*lifelong education*) e a sociedade de aprendizagem (*learning society*) (SMITH 1996). Este documento levou à categorização tri-partidária do sistema educacional.

⇒ **Educação formal:** hierarquicamente estruturado, sistema de educação cronologicamente graduado, indo desde a escola primária à universidade, incluindo os estudos acadêmicos e uma variedade de programas especializados e de instituições de treinamento técnico e profissional.

⇒ **Educação informal:** verdadeiro processo realizado ao longo da vida em que cada indivíduo adquire atitudes, valores, competências e conhecimentos a partir da experiência cotidiana e as influências educativas e de recursos em seu ambiente – a partir da família, do trabalho, do lazer e das diversas mídias de massa.

⇒ **Educação não-formal:** atividade organizada fora do sistema formal de educação, operando separadamente ou como parte de uma atividade mais ampla, que pretende servir a clientes diversificados, previamente identificados como aprendizes, e que possui objetivos de aprendizagem.

Adotamos nesta pesquisa o termo educação não-formal, pois acreditamos que suas características descrevem muito bem os espaços dos centros de ciências e suas atividades. Neste sentido, acreditamos que o CDCC/USP, e em particular o nosso objeto de estudo - a Casa Maluca, traduz muito bem 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. Também defendemos que a educação não-formal e/ou educação informal devem ser vistas, não como concorrentes, mas como complementares e parceiras da educação formal.

Em meio a tantas definições para a educação que ocorre em centros de ciências, muitos pesquisadores têm buscado maneiras de avaliar a aprendizagem nestes espaços. Dentre eles, Falk e Dierking (1992) elaboraram um modelo de aprendizagem (*The Interactive Experience Model*) que considera a aprendizagem sob a perspectiva dos visitantes. Segundo os autores são três os contextos fundamentais que se deve considerar em fase da aprendizagem nestes locais: o pessoal, o social e o físico.

Enfim, nos centros de ciências não devemos buscar o quanto o visitante aprende, mas sim o que ele aprende e como estas instituições influenciam em seu aprendizado. Neste sentido é que nos esforçamos em saber como a Casa Maluca, com suas especificidades físicas, pode favorecer a identificação e até mesmo a superação dos obstáculos epistemológicos que obstruem, dificultam e limitam o entendimento do conceito gravidade.

1.3 Os contextos de aprendizagem

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...). Segundo Falk e Dierking (1992), todas as visitas a um museu envolvem três contextos: o pessoal, o social e o físico (*Modelo de*

Experiência Interativa). Para eles estes contextos são a janela através da qual podemos visualizar a perspectiva do visitante.

O Contexto Pessoal é único para cada indivíduo. Cada visitante chega ao centro de ciências com uma agenda pessoal, com um conjunto de expectativas e motivações próprias, que serão decisivas e irão influenciar seu aprendizado dentro deste espaço.

O Contexto Social. Muitas pessoas visitam os museus e centros de ciências em grupo, é o caso das visitas escolares, até mesmo as pessoas que visitam sozinhas acabam interagindo com outros visitantes. Cada perspectiva do visitante é fortemente influenciada pelo contexto social. Entender o contexto social possibilita fazer um senso de variação entre os comportamentos de adulto em grupo de adultos, adultos em família, crianças em grupo escolares e crianças visitando com seus familiares. Segundo Aroca (2009), o contexto social também se faz importante no caminhar dos visitantes por dentro das exposições, onde na maioria das vezes ocorrem diálogos entre os mediadores e visitantes e entre os próprios visitantes, sempre na busca de um sentido pessoal para o que estão vendo, ouvindo ou lendo.

O Contexto Físico é decisivo no comportamento dos visitantes, pois tudo que o visitante observa e guarda na memória é fortemente influenciado pelo contexto físico. É interessante notar, por exemplo, que muito das distinções entre um museu de arte e um centro de ciências derivam de elementos de seu contexto físico (arquitetura, objetos em exibição, iluminação...).

Em determinados momentos, devido à história de vida do visitante e de outros fatores intrínsecos, um ou outro contexto pode assumir maior importância e influenciar mais o visitante. Considerar estes três contextos no planejamento das atividades pode ser uma boa ‘alternativa’ para que a visita a um centro de ciências possa contribuir

significativamente para uma experiência de aprendizagem significativa. “Assim como duas pessoas nunca vêem o mundo do mesmo modo, a experiência de cada visitante, entrelaçando os três contextos, é única” (FALK e DIERKING 1992, p. 2).

Com o intuito de aprimorar e melhorar o Modelo de Experiência Interativa, Falk e Dierking (2000) acrescentaram uma dimensão temporal a esse modelo e passaram também a chamar o contexto social de sociocultural, ou seja, consideraram a relevância do aspecto cultural. A dimensão temporal sugere que, ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro.

Com a inserção do tempo no modelo inicial, este passou a ser chamado de Modelo Contextual de Aprendizagem (*Contextual Model Learning*) (Figura 2).

Figura 2: O Modelo Contextual de Aprendizagem (FALK e DIERKING 2000, p. 12).

A atividade Casa Maluca, ilustra bem a interpolação destes três contextos (em maior ou menor proporção). A forma com que os visitantes questionam o ambiente está intimamente ligada ao seu contexto pessoal, ou seja, com a bagagem social, intelectual e

cultural trazidas por eles. A interação com os demais visitantes, com os monitores e professores durante a visita, os comentários e discussões criam um ambiente social e uma interação fortemente influenciado pela vivência de cada um, o que caracteriza o contexto social da visita. Enfim o contexto físico é contemplado na disposição dos objetos, e com a inclinação de 15° da Casa, o que cria todo um cenário propício para o questionamento das ideias de senso comum trazidas pelo visitante.

Falk e Dierking (2000) sintetizam os contextos apresentados em oito fatores chaves que influenciam a aprendizagem, embora reconheçam a existência de vários outros fatores que contribuem individual e coletivamente para a qualidade da experiência em museus (Tabela 1):

Tabela 1: Oito fatores chave que influenciam a aprendizagem (FALK e DIERKING 2000, p. 136-40)	
Contexto Pessoal	Motivação e expectativas. Afetam diretamente o que as pessoas fazem e aprendem em uma visita.
	Conhecimentos prévios, interesses e crenças. Desempenham um papel importante na aprendizagem, uma vez que toda aprendizagem têm base nos conhecimentos prévios e experiências.
	Escolhas e controle. Os museus de ciências oferecem oportunidade de escolha e controle, exercendo a aprendizagem por livre escolha.
Contexto Sociocultural	Mediação sociocultural dentro do grupo. Todos os grupos sociais nos museus podem interagir para decifrar informações. Criam meios de aprendizagem colaborativa.
	Mediação facilitada por outros. A aprendizagem socialmente mediada em um museu não ocorre somente com indivíduos de um grupo social. Docentes, guias, monitores podem atrair, facilitar ou mesmo inibir a aprendizagem dos visitantes.
Contexto Físico	Orientação e organização prévia. Estudos mostram que as pessoas aprendem melhor quando se sentem seguras em seus passeios e sabem o que esperam deles.
	Projetos/Esquemas/Modelos. Exibições bem estruturadas são grandes ferramentas de aprendizagem.
	Reforço das experiências fora do Museu. A aprendizagem é um processo cumulativo. O público chega com certo conhecimento e sai com outros, estes conhecimentos passam a fazer sentido a partir do momento em que há acontecimentos na vida do indivíduo que facilitam e exigem tais conhecimentos.

Acreditamos que o Modelo Contextual de Aprendizagem, proposto por Falk e Dierking (2000) é uma ferramenta importante para a investigação da aprendizagem em centros de ciências, uma vez que não apenas considera o contexto físico, mas também a bagagem social e cultural que cada visitante traz para a visita.

Neste contexto, julgamos conveniente considerar seus pressupostos 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 sócio-cultural e envolvendo muitas fontes, experiências e informações que juntas são responsáveis pela construção do conhecimento.

CAPÍTULO 2

O CONCEITO GRAVIDADE

Há uma diferença entre os objetos do mundo real e os objetos teóricos da ciência. Confundir os primeiros com os últimos é confundir a ciência aristotélica com a newtoniana (MATTEWS 1995, p. 183).

2.1 Algumas considerações sobre gravidade

A queda dos corpos pode ser observada e percebida em todos os momentos. Porém entender e explicar o porquê das coisas caírem não é uma tarefa trivial. Durante séculos filósofos, cientistas e professores têm formulado as mais variadas ideias para esta pergunta.

Desde a Antiguidade a queda dos objetos é pensada e já 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). A palavra gravidade originalmente 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* caíam à procura do seu lugar natural, sendo, portanto, essa a tentativa de explicação mais conhecida para a queda dos corpos.

A palavra gravidade não transportava consigo uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos. Galileu, por exemplo, sabia que “[...] se utilizava a palavra ‘gravidade’ para descrever um fenômeno [...] e que essa palavra não representava uma explicação da queda” (MARTINS 2006a, p. 171).

Hoje no ensino básico de física a ideia de gravidade se refere ao conceito de força ou atração gravitacional, baseadas na lei de gravitação universal elaborada por Isaac Newton no século XVII. O ensino do conceito gravidade nas escolas, raramente aprecia a dimensão histórica da teoria, uma vez que é dada maior ênfase na aplicação de

formulações matemáticas em oposição às discussões sobre a origem e desenvolvimento do conceito gravidade.

2.2 O conceito gravidade na pesquisa em ensino de ciências

A ideia de gravidade é um conceito de difícil acesso e envolve a superação de um grande número de obstáculos pedagógicos e epistemológicos, haja vista o longo desenvolvimento científico e filosófico pelo qual atravessou. Segundo Palmer (2001), nas últimas três décadas inúmeras pesquisas educacionais têm mostrado que os estudantes desenvolvem ideias e opiniões intuitivas sobre fenômenos naturais. Enquanto os estudantes aprendem mais sobre o mundo que os cerca, tendem a interpretar informações novas do ponto de vista de ideias existentes e de senso comum.

Apresentamos a seguir alguns trabalhos de pesquisa que relatam problemas observados no ensino e na aprendizagem do conceito de gravidade. Este recorte de pesquisa é excepcionalmente diverso com respeito a características de estudante, métodos de pesquisa e local geográfico. Os sujeitos dos trabalhos analisados compreendem crianças, adolescentes, estudantes universitários e professores de diversos países, como Austrália, Brasil, Estados Unidos, Inglaterra, Israel, Nepal, Nigéria e Portugal. A variedade de respostas enunciadas nas pesquisas revela a diversidade de interpretações e convicções sobre gravidade e outros fenômenos naturais.

1. Watts e Zylbersztajn (1981) apresentam os resultados de um estudo desenvolvido com um grupo de 125 estudantes com idades em torno de quatorze anos de escolas inglesas e com cinco de seus professores. A proposta dos pesquisadores foi identificar as ideias trazidas pelos alunos sobre o conceito força e ao mesmo tempo obter informações a respeito da percepção dos professores em relação às ideias que seus alunos tinham.

Como mediação foi desenvolvido e aplicado um teste de múltipla escolha contendo doze questões. Todas as questões apresentavam um desenho relacionado à força e movimento, relações entre ação-reação e movimento, peso do objeto, noções de força e gravidade. Os professores também foram entrevistados solicitando que fizessem previsões das respostas de seus alunos.

Uma pergunta ilustrada com um astronauta na Lua soltando uma chave de fenda foi utilizada para diferenciar força e gravidade. Foi pedido aos alunos que indicassem dentre as alternativas qual seta demonstrava a força na chave de fenda (as setas foram colocadas supostamente para mostrar a direção da força agindo sobre a chave de fendas). Como resultado, 80% das respostas foram classificadas em duas vertentes: i. A chave permanece estacionária acima da superfície da Lua e na altura das mãos do astronauta; ii. A chave vai para cima se afastando da superfície da Lua.

Os motivos de tais manifestações foram variados, porém centrados na ideia de peso como sendo igual à força de gravidade. “Não haverá nenhuma força porque não há gravidade ou atmosfera. [...] Na lua não há gravidade. A gravidade puxa as coisas para ‘terra’; Se não há gravidade os objetos devem ir para cima” (WATTS e ZYLBERSZTAJN 1981, p.364). Outros estudos (GALILI apud KAVANAGH e SNEIDER 2007) também evidenciaram que estudantes geralmente aplicam a definição de peso como sendo igual à força da gravidade. Esta ideia conduz os estudantes erroneamente a concluir que leveza não se associa em hipótese alguma com gravidade.

Quanto às noções de força e movimento, os resultados indicaram que 85% dos estudantes associam erroneamente um ao outro. Com relação aos professores entrevistados por Watts e Zylbersztajn (1981), estes tiveram grandes dificuldades em fazer previsões sobre as escolhas de seus alunos. Segundo os autores isto se deve às suas próprias dificuldades conceituais.

2. Watts (1982) realizou diversas entrevistas semi-estruturadas com alunos do ensino secundário da região metropolitana de Londres, com idades entre doze e dezessete anos. As entrevistas foram mediadas por seis figuras: um golfista, uma pessoa segurando um balão, um astronauta na Lua, duas lanternas (uma ligada e outra não), um livro sobre uma mesa e por fim uma pessoa sobre uma plataforma de piscina simulando um mergulho. A partir da análise dos resultados foi possível a categorização das respostas:

⇒ *Gravidade requer um meio para agir.* É interessante destacar que todos os alunos pesquisados relataram que a gravidade requer um meio para que agir. Sobre este aspecto o autor é enfático ao afirmar que Newton também era relutante a aceitar qualquer ideia de ação à distância.

⇒ *Onde não há ar, não há gravidade: gravidade requer ar.* Esta categoria é um pouco mais específica do que a primeira. Para os estudantes classificados neste grupo o limite superior da atmosfera é o limitante para a ação da gravidade “[...] não há nenhuma gravidade na Lua [...] porque é... é... quase não há ar lá”.

Pesquisa realizada por Minstrell (1982) com alunos secundaristas de uma escola do subúrbio de Seattle, EUA com pano de fundo a seguinte pergunta: “O que mantém o livro em repouso na mesa?” apóia e amplia os achados citados nestas duas primeiras categorias. Apóia uma vez que encontrou resultados similares e amplia na medida em que relata que muitos estudantes acreditam que a pressão do ar é a causa da gravidade e ajuda a gravidade a manter os objetos sobre a mesa. Outra pesquisa realizada por Ameh (apud KAVANAGH e SNEIDER 2007) com 40 estudantes secundaristas nigerianos e com alguns de seus professores chegou a resultados que se enquadrariam perfeitamente nesta categoria. O autor deparou-se com diversas concepções ingênuas a respeito do conceito gravidade. Em geral acreditavam que gravidade demanda ar.

⇒ *Gravidade aumenta com altura.* Segundo Watts (1982), os estudantes consideram que objetos em uma posição mais elevada requerem mais força para serem suportados.

⇒ *A gravidade começa a agir quando um objeto começa a cair e continua agindo até o objeto chegar ao chão.* Para muitos alunos a gravidade é entendida como uma força que atua apenas sobre um objeto que está “caindo em direção ao chão”, ou seja, em movimento: “[...] às vezes a gravidade não é entendida como uma força, mas sim como a descrição de um objeto em queda” (WATTS 1982, p.119).

Enfim, este trabalho mostra que os estudantes entendem que a gravidade é uma força seletiva que só opera em objetos pesados.

3. Halloun e Hestenes (1985) no artigo “*Common sense concepts about motion*”, ressaltaram as múltiplas ideias que os estudantes traziam sobre movimento e queda dos objetos. A pesquisa foi guiada por meio de um teste diagnóstico de múltipla escolha, aplicado em 478 estudantes universitários e entrevista com 22 destes estudantes. Este estudo mostrou que muitos estudantes acreditavam que a queda dos objetos é um movimento natural que não requer força de nenhum tipo. Os autores destacam que, para alguns estudantes, objetos inanimados podem servir como barreiras para parar ou redirecionar o movimento, mas não como agentes de uma força. Um exemplo é a ação da gravidade sobre uma bola sustentada por uma mesa e pelas mãos de uma pessoa:

Havia uma força quando você estava segurando (a bola) em sua mão [...] (mas quando a bola está na mesa) não há uma força na bola [...] isto é diferente. A bola quer ir para baixo, mas a mesa está somente segurando [...] impedindo ela de se mover (HALLOUN e HESTENES 1985, p. 62).

A declaração acima se assemelha muito às ideias aristotélicas sobre queda livre, onde a tendência natural de um objeto é cair e objetos inanimados não podem exercer forças sobre eles. Outro achado desse trabalho ratifica a pesquisa desenvolvida por

Champagne et al. (1980) no qual estudantes acreditam que objetos mais pesados caem mais rapidamente.

4. Nardi e Carvalho (1996) em um estudo realizado no Brasil com 45 estudantes de ensino fundamental e médio procuraram mostrar a evolução das ideias dos estudantes sobre espaço, forma e campo gravitacional do planeta Terra. Chegaram à conclusão que os estudantes trazem concepções conflitantes a respeito da gravidade. Entre seis e oito anos de idade as crianças não compreendem a atração de um objeto para o centro da Terra, sendo improdutivo a utilização de termos como *gravidade*, *força gravitacional* ou *campo gravitacional*. Por volta dos onze anos embora entendam que os corpos são atraídos na direção do centro da Terra, muitas vezes apresentam um limite para a ação à distância, ou seja, admitem o “fim da atmosfera” como limite para a atuação da gravidade.

Outros autores já haviam chegado a conclusões parecidas, como Mali e Howe (1979) ao estudarem o desenvolvimento dos conceitos de gravidade e Terra com crianças do Nepal e Nussbaum e Novick (1979) ao investigarem o desenvolvimento das noções sobre a Terra com 240 crianças em escola pública de Jerusalém, Israel. Nussbaum e Novick (1979) reuniram as ideias das crianças em cinco “noções de Terra”, indo de uma Terra plana até a visão mais conceitual de Terra esférica (Figura 3). A direção das setas nas primeiras noções nos indica o “para baixo” (queda) absoluto e independente da Terra. Já nas últimas noções a direção das setas evidencia o “para baixo” (queda) dependente da Terra.

Figura 3. Noções sobre a Terra apresentadas por crianças israelenses. (Nussbaum e Novick apud Nardi e Carvalho 1996, p. 146).

A representação da figura 3 mostra que há uma relação estreita entre o conceito gravidade e os vários modelos de Terra, indo desde uma visão ingênua até uma visão mais conceitual. Segundo Leboeuf e Borges,

[...] os modelos mentais de forma de Terra e da ação da gravidade não evoluem separadamente, mas ao contrário, são interdependentes. A construção de um modelo de Terra esférica só é possível com a ajuda de uma melhor compreensão da gravidade. A sofisticação de um deles implicaria na sofisticação do outro e vice-versa (LEBOEUF e BORGES 2002, p.3).

5. Bar e Zinn (1998) pesquisaram 472 estudantes israelense com idades entre quatorze e dezoito anos. O estudo foi dividido em duas fases: a primeira buscou determinar as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado de magnetismo e gravidade; a segunda estendeu-se para a ideia da relevância da presença de ar para eletrostática, som e calor. Focaremos nossa análise na primeira fase da pesquisa.

A primeira fase teve como objeto de estudo 300 estudantes com idades entre nove e dezessete anos e foi guiada com a aplicação de questionários e entrevistas com alguns estudantes. Os resultados da pesquisa mostram que para muitos estudantes a gravidade e a atração magnética são indissociáveis, ou seja, na ausência de gravidade um ímã não funciona. Por outro lado, os estudantes assumiram também o ar como um “condutor”. Para eles não faz sentido falar em gravidade e magnetismo quando há ausência de ar:

“Um ímã precisa do ar para trabalhar [...]. O ar afeta a atração magnética; sem ar, a atração magnética para” (BAR e ZINN 1998, p.474).

Enfim, os autores destacam que as ideias dos estudantes sobre conceitos abstratos envolvendo ação à distância configuram-se a partir de três pressupostos: a mediação é uma condição necessária para que ocorra ação à distância; ação à distância necessita de suporte que pode ser a gravidade; a Terra difere de outros ambientes, em especial as leis físicas que a ela se aplicam (BAR e ZINN 1998, p. 479).

Tais afirmações corrobora os resultados de Bar et al. (1994) com 400 crianças israelenses de idades entre cinco e treze anos. Segundo estes autores as crianças pesquisadas acreditavam “[...] que o ar é necessário para a ação da gravidade assim como para a atração magnética” (p.152). Nesta mesma pesquisa a maioria das crianças de cinco a oito anos afirmaram que os objetos caem porque não são apoiados. Apenas na faixa de onze a treze anos é que aparece ideias como um objeto cai porque é puxado pela Terra e a gravidade puxa os objetos para baixo.

6. O estudo realizado por Palmer (2001) mostrou que estudantes frequentemente têm concepções múltiplas na ciência e muitas vezes aplicam uma concepção em um problema e outra diante de outro problema relacionado. Por exemplo, a ação da gravidade sobre uma série de objetos móveis e/ou não-móveis em situações diárias.

Palmer (2001) desenvolveu sua pesquisa com 112 estudantes australianos. A finalidade da pesquisa foi tentar identificar as concepções alternativas e as concepções cientificamente aceitáveis sobre gravidade que os alunos traziam e ao mesmo tempo investigar a natureza das possíveis relações entre estas concepções. Esmiuçando este relato de pesquisa, foram entrevistados 56 estudantes com idades entre onze e doze anos

pertencentes a cinco escolas primárias (Ep) e 56 estudantes com idades entre quinze e dezesseis anos pertencentes a três escolas secundárias (Es).

Inicialmente foi fornecida aos estudantes uma folha de papel contendo nove situações diferentes, entre elas: uma pessoa parada em um barco e o lançamento vertical para cima de um tijolo. A seguir os estudantes deveriam identificar em quais objetos a gravidade atuava e justificar suas escolhas durante uma entrevista.

Para analisar os resultados o autor construiu dois grupos. O primeiro grupo composto por estudantes que indicaram corretamente que a gravidade atuava em todos os objetos. Apenas 11% dos estudantes de escolas primárias e 29% dos estudantes de escolas secundárias fizeram parte deste grupo. O segundo grupo, composto pelos demais estudantes, apresentou inconsistências do ponto de vista científico, ou seja, indicaram que a gravidade não agia em alguma das situações propostas.

Segundo Palmer, a amostra do segundo grupo de estudantes possibilitou identificar diversas concepções alternativas e concepções cientificamente aceitas sobre o conceito gravidade. As concepções consideradas adequadas ou não, usadas por mais de um aluno e que, portanto podem ser significativas dentro do estudo, são em ordem de frequência: gravidade age para baixo em objetos caindo (76% Ep; 90% Es); não age em objetos que estão se movendo para cima (40% Ep; 45% Es); age para baixo em objetos parados (26% Ep; 48% Es); não age em objetos parados (34% Ep; 28% Es); age para cima em objetos que estão se movendo verticalmente para cima (32% Ep; 30% Es); age para baixo em objetos que estão se movendo verticalmente para cima (12% Ep; 25% Es); não age em objetos caindo (12% Ep; 8% Es).

Em suma, a pesquisa mostrou que os estudantes parecem freqüentemente ter concepções múltiplas, já que aplicam uma concepção a um problema e outra em um

problema relacionado. Concepções alternativas e concepções científicas convivem na estrutura cognitiva dos estudantes. Para ele a compreensão da gravidade como uma força que faz as coisas caírem para o centro da Terra pode ser esperada em todos os níveis de escolaridade, pois em muitos casos os estudantes invocam a ideia da gravidade para explicar o fenômeno da queda. Enfim, elucidar a variedade de contextos nos quais a gravidade se aplica pode ser uma forma eficaz de ajudar os estudantes a terem uma melhor compreensão a respeito do conceito gravidade, ou a mais próxima dela possível.

7. Tendo em vista o modelo de gravidade elaborado por alunos e as prováveis relações entre o entendimento da forma da Terra, gravidade e ação à distância, Leboeuf e Borges (2002) analisaram, por meio de entrevista semi-estruturada individuais, a visão de seis estudantes do ensino fundamental e de dez estudantes do ensino médio de escolas públicas e particulares da cidade de Belo Horizonte, Brasil. Os resultados ratificam e ao mesmo tempo ampliam algumas pesquisas já enunciadas. Ratificam na medida em que os estudantes insistem em dizer que é necessário um meio para a atuação da gravidade e ampliam, pois afirmam que a força magnética e a força eletrostática também necessitam de entes intermediários, não aceitando facilmente que um objeto possa agir sobre outro sem que nada material os ligue. Esse tipo de concepção leva os estudantes a preverem situações como a “não-existência” de gravidade no vácuo ou acima da atmosfera terrestre. Na história da ciência “a possibilidade de interação não-mediada sempre foi tomada com muitas reservas, talvez pela ausência de um mecanismo imaginável responsável pela interação” (LEBOEUF e BORGES 2002, p.3).

A explicação da queda dos corpos como sendo devida à pressão atmosférica também faz parte do escopo de respostas dos estudantes. A partir de uma representação bidimensional (desenho) de uma pessoa “na parte de baixo” da Terra, foi creditado “o não cair” da pessoa à pressão atmosférica: “Ah! [...] é a pressão, ela te apóia, ela te

segura, não tem como você sair (cair)”. Segundo os autores um aluno afirmou ainda que a queda dos objetos é um fenômeno particular do planeta Terra, não acontecendo em outros lugares, como na Lua ou em uma nave espacial (independente da presença ou não de ar). Os autores relatam que alguns entrevistados sequer usavam espontaneamente a palavra gravidade, ao passo que outros a empregavam como se ela fosse por si só uma explicação. Enfim, apesar de muitos estudantes do ensino médio já terem o ensino formal de gravidade, não houve grande evolução em relação ao primeiro grupo.

8. Em uma pesquisa desenvolvida com 30 alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola de Porto Alegre, Hülsendeger (2004) buscou fazer um paralelo entre as possíveis representações trazidas pelos estudantes sobre a queda dos corpos e as ideias defendidas por Aristóteles sobre o assunto. O trabalho iniciou-se com a criação de um diálogo entre dois colegas fictícios, onde foi exposta a discussão do motivo de os corpos caírem de forma diferente. Segundo a autora, o propósito da atividade era verificar se as ideias que os alunos traziam sobre a queda dos corpos se aproximavam das ideias defendidas por Aristóteles ou daquelas defendidas por Galileu.

Nos demais encontros os alunos foram encorajados a pesquisar, discutir e apresentar textos sobre a queda dos corpos na visão de Aristóteles e Galileu. Os achados da pesquisa mostraram que muitos alunos, apesar de já terem algum tipo de conhecimento sobre o que se desejava estudar, tinham enraizados conceitos semelhantes aos de Aristóteles sobre a queda dos corpos. Sequeira e Leite (apud KAVANAGH e SNEIDER 2007) chegaram a resultados semelhantes analisando alunos de escola secundária e universitários portugueses. Segundo os autores, havia forte indício do pensamento aristotélico entre os alunos. Ao indagar 27 estudantes do quarto ano do curso de Física sobre a queda livre, 52% declararam que objetos pesados caem mais rapidamente do que objetos mais leves. A ideia dos objetos mais pesados caírem mais rapidamente persistiu

entre os alunos, embora já tivessem estudado queda livre e tópicos avançados de gravidade. A pesquisa revelou ainda ideias similares entre os alunos da escola secundária.

Hülseudeger (2004) mostrou ainda que alguns alunos trocam o conceito de peso por densidade, porém a conclusão era análoga: corpos com densidades diferentes caem com velocidades diferentes. Sendo assim a autora é enfática em afirmar que muitas vezes os alunos trazem consigo concepções “semelhantes a modelos que a ciência atual já considera superados, mas que ainda têm grande força no imaginário do aluno” (HÜLSENDEGER 2004, p.386). A título de recomendação, destaca a importância de permitir aos alunos chegarem a suas próprias conclusões, além de compreender que eles trazem consigo concepções diretamente associadas ao senso comum e que são muito próximas das que a ciência atual considera superadas.

9. Kavanagh e Sneider (2007) fizeram uma revisão de pesquisas buscando explicitar como crianças e adultos entendem gravidade e queda livre e como melhor ensinar este conceito. Para as autoras o conceito físico gravidade, que percorre todos os níveis de escolaridade, vai muito além de uma ideia inicial tal como: “as coisas caírem para baixo” ou ideias mais sofisticadas “as coisas caem em direção ao centro da Terra”. Para as autoras é esperado que os estudantes aprendam como objetos aceleram em queda livre, porque objetos de massas diferentes batem no chão ao mesmo tempo (em uma situação ideal), que gravidade é uma força que age à distância, que objetos exercem força igual e oposta um ao outro, além da equivalência entre campo gravitacional e aceleração.

O desenrolar da pesquisa revela que muitos alunos com conhecimentos formais em ciência tendem a usar um vocabulário mais sofisticado, porém os tipos de erros conceituais que fazem são similares àqueles cometidos por alunos mais novos, que ainda

não estudaram ciências. A análise de todo o material levantado permitiu a Kavanagh e Sneider (2007) categorizarem algumas ideias sobre a queda dos objetos, porém tais categorias não ampliam os achados destacados nas pesquisas supracitadas. Segundo as autoras:

O desenvolvimento curricular deveria focar conceitos chave na transição de um nível para outro de ensino [...]; a instrução deveria começar conferindo a compreensão da aprendizagem anterior (conceitos prévios) [...]; deveria ser respeitado o tempo de aprendizagem do aluno [...]; fazer com que o estudante aplique o conceito “gravidade” em contextos do mundo real [...]; o professor deveria criar meios para avaliar seus estudantes sobre o que entendem de gravidade [...] e concomitantemente rever as suas próprias concepções, de modo a ganhar mais confiança para ensinar (KAVANAGH e SNEIDER 2007, p. 46-7).

10. Silva (2002) com um viés focado na Análise do Discurso buscou compreender, em seu trabalho de Doutorado, como e que sentidos foram produzidos em uma unidade de ensino (conjunto de aulas) sobre gravitação newtoniana, desenvolvida em aulas de física do ensino médio, e como esses sentidos foram produzidos. Para a Análise do Discurso os sentidos são produzidos em determinadas condições de produção que incluem a situação imediata e o contexto-social mais amplo (SILVA 2002). O foco das análises realizadas pelo autor recai no uso (mediação) em aula, e também fora dela, de textos escritos e imagens (transparências, fotos e vídeos) que trabalham o tema abordado.

Assim, os textos e as imagens, suas leituras, interpretações e formulação de questões pelos alunos compuseram a unidade de ensino, na qual o autor analisou produções discursivas em torno da síntese newtoniana. A unidade de ensino (aulas) configurou-se por uma abordagem caracterizada por:

[...] abertura de espaço à voz, à participação dos estudantes; o estabelecimento de conexões com o contexto cultural científico-tecnológico atual; e a leitura de textos e imagens tomada como objetivo e lugar de ensino e de aprendizagem e não apenas como instrumento de algo que ocorre fora, em outro lugar, paralelamente (SILVA 2002, p. 3).

A unidade de ensino foi desenvolvida em duas escolas, uma pública e outra particular de duas grandes cidades do interior de São Paulo. Em ambas as escolas a unidade foi trabalhada em classes de 1ª série do ensino médio. Um dos recursos metodológicos utilizado na pesquisa foi a gravações em áudio e vídeo de algumas aulas.

Ao trabalhar com a Análise do Discurso, o autor pressupõe um papel ativo por parte dos alunos na constituição dos sentidos, e que este papel ativo tem intima ligação com um contexto cotidiano, exterior à escola. Assim, remete a algumas características predominaram durante as aulas: a abertura e a valorização do espaço a verbalizações orais e escritas dos estudantes e o estabelecimento de conexões com o contexto científico-tecnológico atual.

A cotidianidade da nossa relação com o mundo é mediada pelo discurso/conhecimento comum. Trazer esta cotidianidade para a sala de aula possibilita não apenas ampliar as possibilidades de participação dos estudantes por ser o lugar de onde eles podem falar, por terem o que falar como também configurar uma abordagem da ciência no mundo. Esta problemática permite configurar diversas questões [...] Como são produzidas significações sobre a gravitação em aulas de física quando aspectos do cotidiano cultural dos alunos associados a questões atuais do espaço cósmico mediam as atividades e interações em sala de aula? (SILVA 2002, p. 5).

O autor justifica a escolha do tema, gravitação newtoniana, afirmando que apesar de sua relevância social, cultural e histórica, de sua relação com desenvolvimentos tecnológicos, como as tecnologias espaciais, a gravitação não vem sendo trabalhada no ensino médio, o que de certa forma acaba por descaracterizar a própria mecânica newtoniana. Quanto à organização da unidade de ensino, dois grandes blocos de aulas (relacionados entre si) a compuseram. O primeiro foi composto por duas partes, onde a primeira buscou estabelecer aproximações do espaço cósmico nos dias de hoje (tecnologias envolvidas, instrumentos, concepções de espaço, de universo e de sistema solar...), e a segunda parte compreendeu um aprofundamento “no que tange ao conhecimento de aspectos da produção científica e tecnológica, a partir da história da

ciência”. O segundo bloco trouxe como foco “o estabelecimento de aproximações da síntese newtoniana a partir da análise qualitativa do movimento de projéteis e corpos em queda” (SILVA 2002, p. 105-7).

Quanto à escolha dos textos, foi realizada uma ampla busca (onde os alunos também contribuíram) envolvendo assuntos relacionados direta ou indiretamente com a gravitação e o espaço cósmico, foram selecionados dois conjuntos de textos (um para ser trabalhado em aula e outro para apoio/aprofundamento). Como relata Silva (2002, p. 18) uma parte fundamental das dinâmicas de interações em aulas durante a unidade de ensino foi à formulação de questões por parte dos alunos a partir dos textos lidos e das imagens. Com esta estratégia procurou-se fazer com que os alunos tivessem um contato mais pessoal com os textos e imagens, e sentissem parte da produção de conhecimentos em aula.

Ao longo do trabalho Silva (2002) vai mostrando como o uso de textos e imagens funcionaram discursivamente em sala de aula, como contribuem para a produção de sentidos. Neste contexto discute, entre outros tópicos: “Sentidos produzidos na relação das imagens com o discurso do professor”; “Sentidos da síntese newtoniana pela leitura de um texto de divulgação científica” e “Sentidos produzidos na mediação de um filme de ficção”.

Sobre o tópico: “Sentidos produzidos na mediação de um filme de ficção”. No espaço de duas aulas, foi apresentado aos alunos o filme “Apollo 13” e solicitado que trouxessem por escrito para a próxima aula dúvidas e questões que gostariam de discutir em classe. As questões levantadas para discussão em aula tornaram explícita que as curiosidades dos alunos extrapolavam o apresentado pelo filme, ou seja, curiosidades trazidas a partir do contexto cultural e social de cada um, o qual é permeado por

informações, discursos e imagens sobre tecnologias espaciais e assuntos relacionados ao espaço cósmico.

A exibição do filme e a requisição de questões criaram um ambiente de participação, motivação e atenção nem sempre encontrados em aulas de física. Os estudantes esperam ver suas questões respondidas [...] Boa parte das situações da trama do filme *Apollo 13* se passam num ambiente onde a gravidade é muito pequena, um ambiente onde se vêem objetos e homens ‘flutuando’, um ambiente, uma realidade diferente da vivenciada na Terra. Essas imagens não são provavelmente desconhecidas pelos alunos. Uma das funções da exibição deste filme, foi recordá-las, inserindo-as no contexto das aulas (SILVA 2002, p. 136).

O autor, privilegiando a mediação de textos escritos e imagens, analisou os sentidos produzidos em aulas que compuseram uma temática abrangente em torno da gravitação newtoniana. Chegou à conclusão de que “a análise dos processos discursivos em torno da síntese newtoniana revelou que textos e imagens podem funcionar produzindo sentidos que compõem uma perspectiva ampla de formação cultural pela educação científica, incluindo a própria prática de leitura nesta formação” (SILVA 2002, p. 187). Tecendo algumas considerações finais, o autor afirma que durante as discussões em sala, pautadas sobre os textos e imagens apresentadas, muitas das respostas escritas pelos estudantes, ou seja, o que eles acreditavam e/ou imaginavam sobre o tema abordado, foram sendo alteradas, de modo que idéias surgidas nas discussões misturaram-se nas respostas dos “próprios” alunos. Neste contexto, afirma haver movimentos discursivos produzidas pela mediação de questões e discussões em aula que podem revelar algo mais complexo do que uma simples associação vinculada a uma concepção de senso comum.

11. Em um trabalho realizado na Turquia com 267 futuros professores de Ciências e Física, Gönen (2008) concluiu que muitos professores têm concepções erradas sobre conceitos físicos, tais como gravidade, massa inercial e massa gravitacional. Alguns participantes tiveram grande dificuldade em diferenciar conceitos físicos básicos, como

massa inercial e massa gravitacional³. Neste contexto, o autor chama a atenção para a importância da formação inicial e continuada dos professores de Física e Ciências para uma adequada educação científica das gerações futuras.

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, p.183). Inúmeras vezes as concepções que os estudantes têm sobre gravidade coincidem com ideias formuladas por pensadores do passado. Muitos pesquisadores observaram a semelhança notável das concepções de estudantes com as ideias que foram defendidas fortemente durante séculos pelos filósofos naturais, cujas ideias conduziram à ciência moderna. Especificamente a ideia de que objetos mais pesados caem mais rápido que objetos leves é atribuída a Aristóteles.

Neste contexto Palmer (2001) adverte para a importância de se estudar, e não subestimar, como o estudante aplica seus conhecimentos para diferentes tipos de situações físicas.

A seguir apresentamos em forma de um esquema (Esquema 1) um panorama das ideias sobre gravidade identificada nos diversos trabalhos analisados. Tal panorama ilustrado por este esquema não tem o intuito de esgotar a possibilidade de pesquisas mais aprofundadas sobre o tema, porém esta breve revisão deixa clara a resistência exibida pelos estudantes e professores em deixarem as noções de senso comum e adotarem as noções científicas aceitas atualmente.

³ Sugerimos como forma de aprofundamento o artigo: CASTELLANI, O. Discussão dos conceitos de Massa Inercial e Massa Gravitacional, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 23, n. 3, Set., 2001.

Esquema 1. Algumas ideias dos estudantes acerca da gravidade e queda dos corpos

Em face da gama de ideias existentes sobre gravidade, 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. Enfim, acreditamos que trabalhar com os estudantes o tema gravidade em um ambiente físico alterado pode contribuir para desmistificar conceitos trazidos pelo senso comum e superação de obstáculos epistemológicos enraizados em suas concepções sobre o tema.

CAPÍTULO 3

GASTON BACHELARD COMO
REFERENCIAL TEÓRICO

É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado (BACHELARD 1996, p. 18).

3.1 – Alguns aspectos da epistemologia bachelardiana

Seria extremamente ousado tentar esgotar a epistemologia do francês Gaston Bachelard (1884 - 1962) nestas poucas páginas, uma vez que sua marca central é o constante recomeçar. Assim somos obrigados a privilegiar alguns conceitos e análises que nos ajudam a responder às perguntas propostas nesta pesquisa.

Sempre buscando estar aberto ao novo, ao mutável, Bachelard tinha os estudos e a leitura como fonte inesgotável de enriquecimento intelectual, o que traduziu brilhantemente em seus livros. Como afirma o filósofo brasileiro Hilton Japiassu⁴ (1976) a vida de Bachelard foi uma permanente “fome insaciável de conhecer e de sonhar”. Passou a vida em periódicos recomeços e buscou sempre viver a descontinuidade do pensamento, um pensamento incansável pela busca do novo.

Bachelard sempre esteve entre o pensar no campo e na cidade. Nasceu no fim do século XIX, em 27 de junho de 1884, em um vilarejo denominado *Bar-sur-Aube* no interior da França e morreu em 16 de outubro de 1962 diante de uma Paris já industrializada. Encontramos em sua trajetória acadêmica um homem infatigável. Ao concluir o curso secundário foi trabalhar na administração dos Correios e Telégrafos, tinha como função pesar cartas. Sonhava cursar Engenharia, mas a guerra de 1914 cortou-lhe o projeto (JAPIASSU 1976, p.20). Licenciou-se em matemática e trabalhou por 16 anos em *Bar-sur-Aube*, onde se dedicou ao magistério ministrando várias

⁴ Hilton Japiassu é epistemólogo e professor de filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

disciplinas no curso secundário, entre elas Ciências e Filosofia. Como afirma Melo (2005, p. 45) Bachelard, sempre incansável na busca pelo novo partiu para o vasto campo da filosofia tornando-se, no final da década de 20 do século passado, professor de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Dijon e depois da Universidade de Sorbonne.

Bachelard distancia-se de outros filósofos da ciência por ter dedicado parte de sua vida à educação básica e nela acreditar. Em seus escritos, a educação é sempre valorizada. Embora não tenha escrito nenhuma obra específica sobre questões de dimensão escolar, nota-se em suas obras que a educação deve ser acrescentada às preocupações com o espírito científico e aos devaneios poéticos.

A leitura de Bachelard contém duas facetas: o Bachelard “diurno” ou “da ciência”⁵, entendido como processo de desenvolvimento do saber científico e marcado pela razão, e o Bachelard “noturno” ou “da poética”⁶, entendido na criação artística, o devaneio, as imagens poéticas. Ambas as leituras estabelecendo formas de diálogo com o mundo.

Em seus estudos de obras poéticas, Bachelard não busca esquecer-se dos filósofos e dos cientistas, mas sim compreendê-los mais profundamente a partir de seu interior. Acredita que nada pode ser estudado, conhecido, sem antes ter sido sonhado, assim recomenda fortemente aos filósofos e cientistas que jamais se esqueçam dos poetas (JAPIASSU 1976). Na presente pesquisa nos apoiaremos no Bachelard diurno, ou da ciência, pautando de sua epistemologia e filosofia das ciências, resumida na noção de construção do espírito científico.

⁵ Entre suas obras ‘diurnas’, destacam-se: *Le nouvel esprit scientifique* – 1934 (O novo espírito científico); *La formation de L'esprit scientifique* - 1938 (A formação do espírito científico), e *La philosophie du non* – 1940 (A filosofia do não).

⁶ Entre suas obras ‘noturnas’ destacam-se: *La psychanalyse du feu* - 1937 (A psicanálise do fogo); *La Terre et les Rêveries du repôs* – 1948 (A terra e os devaneios da vontade), e *La Poétique de l'espace* – 1957 (A poética do espaço).

Bachelard viveu em um período que podemos considerar como atípico, onde na Física, por exemplo, a Mecânica Newtoniana e o Eletromagnetismo tiveram seus alicerces estremecidos pela Teoria da Relatividade e pela Mecânica Quântica, ou seja, um período marcado por uma revolução científica.

Segundo Bachelard em sua obra *A formação do espírito científico*, publicada pela primeira vez em 1938, se fossemos forçados a rotular de modo grosseiro as diferentes etapas históricas do pensamento científico, distinguiríamos três grandes períodos (BACHELARD 1996, p. 9-10): O primeiro que representa o estado pré-científico, compreendendo a Antiguidade Clássica, o Renascimento, com os séculos XVI, XVII, e o início do século XVIII. O segundo período representa o estado científico, em preparação no final do século XVIII, se estenderia por todo o século XIX e início do século XX. Enfim, o terceiro período, a era do novo espírito científico, iniciando em 1905 com a ruptura de paradigmas intocáveis e inabaláveis. Momento em que a Relatividade de Einstein deforma conceitos primordiais que eram tidos como fixados para sempre. Surgem abstrações mais audaciosas como a Mecânica Quântica, segundo Bachelard sinal da espantosa maturidade filosófica.

Em cada período, as diferentes etapas históricas e a caracterização do pensamento científico devem sempre levar em conta os interesses da época que, de certa forma, lhe constitui a base efetiva. Assim, o saber científico vai sendo reconstruído e repensado constantemente. Com a publicação de *A Formação do Espírito Científico* Bachelard empreende uma luta intensa contra todos os preconceitos e obstáculos que se incrustam no processo de desenvolvimento do pensamento científico, tipificando as principais categorias de obstáculos ao progresso da ciência. Assim, o autor ressalta as situações pedagógicas, onde os obstáculos epistemológicos são verdadeiros obstáculos

pedagógicos, que obstruem as atividades racionais dos alunos e dificultam seu progresso.

3.2 - A noção de obstáculos epistemológicos

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado (BACHELARD 1996, p. 17).

Obstáculo epistemológico caracteriza-se como aquilo que obstrui, dificulta e limita o progresso da ciência. São de essência interna e não externa, origina do conhecimento não questionado, mascarando a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico. Se por um lado o conhecimento comum nos fornece dados resultantes da percepção imediata, por outro, no conhecimento científico os dados são resultados de uma atividade de reflexão.

Obstáculos epistemológicos podem ser originados de conceitos e pré-conceitos adquiridos em uma relação ingênua com os fenômenos, sejam eles partes de um universo físico ou psíquico (ZANETIC e MOZENA 2007). Segundo Bachelard (1996, p. 18) o primeiro obstáculo a superar é o da opinião, “não podemos opinar sobre questões que para nós não estão claras”, e acrescenta “todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico”, pois nada é evidente e gratuito tudo é construído. “Um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (BACHELARD 1996, p. 19).

Obstáculos epistemológicos são ecléticos, de ordem diversa, construções da própria natureza humana ou até mesmo de causas sociais (MELO 2005). Dentre os obstáculos epistemológicos, enfrentados ao longo do desenvolvimento do pensamento científico e na prática pedagógica, temos a experiência primeira e o realismo (realismo ingênuo), o conhecimento geral, o substancialismo, o animismo, o obstáculo verbal e o

conhecimento unitário e pragmático. Com uma descrição sucinta e por meio de exemplos, expomos abaixo cada um desses obstáculos epistemológicos.

3.2.1 A experiência primeira e o realismo (realismo ingênuo)

São inúmeras as maneiras de expressar o obstáculo epistemológico experiência primeira. Segundo Bachelard (1996) é a experiência colocada antes e acima da crítica, o início dos obstáculos na formação do espírito científico. 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). Assim, podemos também entender o obstáculo experiência primeira como sendo resultado de uma atividade pouco pensada, uma inferência imediata sobre determinado fenômeno vivenciado.

A experiência primeira é um obstáculo ao conhecimento científico à medida que aborda fenômenos complexos como se fossem simples. Portanto, “não constitui, de forma alguma, uma base segura” (BACHELARD 1996, p. 29). Em ciências, muitas vezes o colorido pitoresco de algumas manifestações naturais seduz, distrai e distancia a ciência. Gera apego à beleza do experimento e não à explicação científica (GOMES e OLIVEIRA 2007). Um exemplo disso são os Geradores de Van der Graaff⁷, comumente presente em museus e centros de ciências. Certamente a exposição deste aparelho não visa apenas à diversão, mas sim o entendimento e a percepção de conceitos físicos. Porém é nítido que as imagens, os resultados surpreendentes, acabam afastando e distraindo os alunos do real objetivo a que esses recursos se propõem.

Basta que uma experiência seja feita com um aparelho esquisito [...] para que os alunos prestem atenção: deixam de olhar os fenômenos essenciais. [...] as

⁷ O gerador de Van de Graaff foi construído e apresentado por Robert Jamison Van de Graaff no início de 1931. Tem como características básicas: tensão muito alta (ordem de kV) e corrente baixa (ordem de μ A).

experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse (BACHELARD 1996, p.48-50).

É conhecido que as exposições em museus e centros de ciências, além de um caráter didático-instrucional, apresentam um relevante fator motivacional, porém, é necessário que se tenha uma constante preocupação em evitar satisfações primeiras, relacionadas apenas à beleza e ao colorido pitoresco dos experimentos. É preciso evitar o distanciamento e os obstáculos que impedem os alunos de olharem e perceberem a essência dos fenômenos apresentados, de modo a não correr o risco de perder as ciências dos centros de ciências.

Um espírito desatento e acostumado com pesquisa rotineira e conservadora deve ser sempre alvo de vigilância pela ciência contemporânea, de modo a levá-lo sempre a desconfiar, suspeitar e duvidar daquilo que se apresenta simples demais (MELO 2005 p. 53).

Contudo, é possível minimizar e até mesmo retificar as experiências primeiras. Para isso, Bachelard sugere que o professor passe continuamente da experiência para a lousa a fim de extrair o mais rapidamente possível o abstrato do concreto. Em outras palavras, impedir que aconteçam apenas satisfações e admirações por imagens. Enfocando-se nos conceitos que estão por detrás do que é observado, o indivíduo “quando voltar à experiência estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno” (BACHELARD 1996, p. 50).

Intimamente ligado à experiência primeira encontramos o realismo. Este pode ser entendido como sendo associado ao que Bachelard chama de realismo ingênuo (nesse caso preocupado com o aspecto epistemológico), ou seja, associado à noção do real.

Bachelard explicita que o realismo pode “ser considerado a única filosofia inata”, impregnado no inconsciente. Segundo o autor, “em sua forma ingênua, em sua forma afetiva, a certeza do realista provém de uma alegria avarenta” (BACHELARD, 1996, p. 164), ou seja, ao tomar um objeto com algo pessoal, o realista acredita que “possui a riqueza do real” ao seu lado.

Para aniquilá-lo (o realismo) é preciso ultrapassar o plano intelectual e compreender que a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal. Apossa-se dela espiritualmente como se toma posse de uma vantagem evidente. Siga a argumentação de um realista; *imediatamente* ele está em vantagem sobre seu adversário porque tem, acha ele, o real do seu lado, porque *possui a riqueza* do real, ao passo que seu adversário [...] persegue sonhos vãos (BACHELAD 1996, p. 163).

Segundo Martins e Pacca (2005 p. 335) o realismo “[...] opõe-se a ‘idealismo’, relacionando-se às impressões primeiras e imediatas sobre o real. Característico da pré-ciência, o pensamento realista seria marcado por valorizações inconscientes e subjetivas”. O obstáculo realista traz como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade.

3.2.2 O conhecimento geral

O conhecimento geral imobiliza o pensamento, sendo impeditivo na formação do espírito científico. Como afirma Martins (2004), por trás de uma lei ou conceito geral o espírito pré-científico acaba buscando formas de explicar tudo, acabando, porém, por não explicar nada.

Bachelard, em *A Formação do Espírito Científico* cita os professores de Filosofia que, após descreverem rapidamente a queda de vários corpos concluem que todos os corpos caem, ou seja, os resumos muitos gerais baseados em uma série de fatos particulares levam à lei científica geral.

Aristóteles ensinava que os corpos leves, fumaça e vapor, fogo e chama, encontravam no empíreo (no céu) seu lugar natural, ao passo que os graves procuravam naturalmente a terra. Ao inverso, nossos professores de filosofia

ensinam que todos os corpos, sem exceção, caem. [...] Segundo os filósofos deveríamos considerar como fundamento da cultura científica as grandes generalidades. Como fundamentos da mecânica: todos os corpos caem. Como fundamentos da óptica: todos os raios luminosos se propagam em linha reta [...] Seriam assim colocadas, no limiar de cada ciência, grandes verdades primeiras, definições intocáveis que esclarecem toda a doutrina [...] É possível constatar que essas leis gerais bloqueiam atualmente as ideias. [...] na aula de mecânica elementar, que estuda a queda dos corpos, é dito que todos os corpos caem sem exceção [...] ao proceder à experiência no vácuo [...] chega-se a uma lei mais rica: no vácuo todos os corpos caem com a mesma velocidade. Este é um enunciado útil, base real de um empirismo exato. Entretanto esta forma geral bem constituída pode entrar o pensamento [...] A lei é tão clara, que não se tem necessidade de estudar mais de perto o fenômeno da queda [...] a noção de velocidade esconde a noção de aceleração. É, no entanto, a noção de aceleração que corresponde à realidade dominante (BACHELARD 1996, p.70-72).

Assim, no conhecimento geral a generalização torna uma determinada lei, como no exemplo da queda dos corpos, tão clara, completa e fechada que dificilmente levanta-se o interesse por questionar suas premissas (GOMES e OLIVEIRA 2007). Para melhor entender as pseudo-explicações obtidas a partir das generalidades, Bachelard (1996) usa, por exemplo, o fenômeno da coagulação, e mostra como este conceito constituiu-se em um tema de generalidade na segunda metade do século XVII.

Assim, Bachelard afirma que por volta de 1669 ao se estudar a coagulação de algumas *substâncias*, por exemplo, o leite e a gordura, concluiu-se que o resfriamento é a causa visível do endurecimento da gordura, e que não há grande espanto no fato do leite coagular, sendo este fato “algo tão pouco extraordinário que chega quase a ser desprezível”. Neste contexto, Bachelard relata que o congelamento da água é, em seguida, também incluído na categoria da coagulação. Ou seja, “passa-se insensivelmente da coagulação para o congelamento [...] e a passagem é tão natural, desperta tão poucas dificuldades, que não se pode ignorar a ação persuasiva da linguagem” (BACHELARD 1996, p. 78).

Em sua inquietação, o autor afirma que o conhecimento a que falta precisão, ou seja, que não carrega, quando apresentado, as condições de sua determinação precisa,

não é um conhecimento científico. Enfaticamente conclui dizendo: “o conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago” (BACHELARD 1996, p. 90).

3.2.3 O substancialismo

Outro obstáculo epistemológico proposto por Bachelard é o substancialismo. O obstáculo substancialista leva à atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância ou relaciona uma substância a qualidades diversas. No substancialismo é marcante o acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo. Como afirma Bachelard, este é um sintoma claro de sua sedução,

[...] 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).

Para melhor entender o obstáculo substancialista, Bachelard cita, em *A formação do espírito científico*, vários exemplos que revelam como se constituem as falsas explicações substancialistas, um destes exemplos refere-se à teoria de Boyle sobre a atração elétrica:

A teoria de Boyle sobre a atração elétrica era que o corpo elétrico lançava uma emanção viscosa que ia apanhando pequenos corpos pelo caminho e os trazia com ela, ao voltar ao corpo de onde tinha saído (PRIESTLEY⁸ apud BACHELARD 1996, p.128).

Assim, eram atribuídas ao fluido elétrico às qualidades de viscoso, untuoso e tenaz, como se a eletricidade fosse uma cola. É preciso sempre estar atento às explicações que extinguem o percurso teórico, e as críticas às sensações e percepções. “O espírito científico não pode o satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um

⁸ PRIESTLEY. *Histoire de l'électricité*. Trad. Paris, 1771, v.1, p. 13. Citado por: BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento*, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, p. 39.

fenômeno à respectiva substância [...] sem determinação precisa das relações com outros objetos” (BACHELARD 1996, p. 127).

O obstáculo substancialista traz uma explicação breve e decisiva, derivada da substancialização de uma qualidade imediata, de uma intuição direta. Para Bachelard, a partir da imagem isolada que traduz apenas um momento do fenômeno total, o espírito pré-científico realiza um meio absoluto de explicação imediata, ou seja, extingue-se a busca científica, pois todas as perguntas são abafadas pela resposta substancial. “Pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a poeira gruda na parede eletrizada, logo a eletricidade é uma cola, um visco” e complementa advertindo “[...] se o espírito científico continua a pensar assim, pouco a pouco se torna impermeável aos desmentidos da experiência” (BACHELARD 1996, p.129).

3.2.4 O animismo

O obstáculo animista pode ser entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. O fato de que atribuir vida daria maior relevância a um determinado fenômeno ou objeto também se enquadra na designação animista. Bachelard considera a palavra vida como uma palavra mágica, uma palavra valorizada, que atribui um valor às substâncias, assim, a vida marca as substâncias que anima com um valor indiscutível.

Em *A Formação do Espírito Científico* o autor 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, tanto que De Bruno, em 1785, tece o seguinte comentário:

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 BRUNO⁹ apud BACHELARD 1996, p. 194).

A vida concedida aos minerais, a partir de 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 que um ímã quando enferrujado estará doente.

Bachelard tece várias críticas às imagens associadas ao ver compreendido como sentido fundamental do saber. Alerta para que a epistemologia evite imagens ingênuas e de caráter mágico. Como afirma Lopes,

[...] com o advento da Mecânica Quântica [...] a equivalência entre ver e conhecer se destrói. De nada nos adiantaria ter ‘super-olhos’ para enxergar esse novo mundo. Conhecemos com a razão, e as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca reflexos do real (LOPES, 1996 p.263).

Neste contexto, devemos entender as imagens não como afirmações dogmáticas da realidade, mas sim como *modelos* que podem propiciar uma compreensão racional do que se observa. Como afirma Bachelard (1996, p. 18), “diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos”.

Enfim, o obstáculo animista constitui grande dificuldade à apropriação dos conceitos científicos aceitos atualmente. Ao se mostrar natural, este obstáculo epistemológico

⁹ 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. 188.

acaba por “seduzir” a razão e, portanto mais convincente para um espírito pré-científico. “É evidentemente, porém, um falso esclarecimento” (BACHELARD 1996, p. 202).

3.2.5 O obstáculo verbal

O obstáculo verbal pode ser entendido como sendo uma falsa explicação obtida a custo de uma única palavra explicativa (*palavra obstáculo*). Um exemplo da presença do obstáculo verbal é mostrado por Bachelard ao citar a tentativa de Benjamin Franklin (1706 - 1790) de aplicar as experiências elétricas a partir da metáfora da esponja (*palavra obstáculo*). Com base no exemplo citado por Bachelard, abrimos um parêntese para enfatizar que os estudos das experiências elétricas (eletricidade) trouxeram várias contribuições para a filosofia natural no século XVIII.

Na primeira metade do século XVIII o francês Jean-Antoine Nollet (1700 - 1770) tentou explicar os fenômenos elétricos a partir do movimento, em direções opostas, de duas correntes de fluido elétrico (uma espécie de fluido especial, diferente da matéria comum e que podia ser transmitido a grandes distâncias) que estaria presente em todos os corpos. Para ele, quando um corpo elétrico é excitado por fricção parte deste fluido sai através de seus poros causando o que chamou de corrente efluente. Esta perda, por outro lado, é compensada por uma corrente deste mesmo fluido vindo de fora a qual chamou de corrente afluyente. Assim, teceu explicações sobre a atração e a repulsão dos corpos leves nas vizinhanças do corpo eletrizado supondo que eles eram capturados por uma das duas correntes opostas de fluido elétrico (NOLLET apud SILVA e PIMENTEL 2008, p. 144).

Alguns anos depois das explicações de Nollet, em 1752, Benjamin Franklin¹⁰ propôs uma explicação completamente diferente para os fenômenos elétricos. Segundo ele havia um único fluido elétrico, baseando-se na idéia de que os corpos seriam formados pela matéria comum e também por um único tipo de matéria elétrica (o fogo elétrico) que atraía a matéria ordinária e repelia suas próprias partículas. Segundo ele a eletrização de um corpo se daria pelo acúmulo de uma quantidade deste fluido elétrico no corpo, e perda da mesma quantidade de fluido elétrico por outro corpo (WHITTAKER apud SILVA e PIMENTEL 2008, p. 146).

Neste contexto, com o intuito de explicar a interação entre a matéria comum e a matéria elétrica, Franklin utilizou o conceito de um fluido elétrico e uma analogia com uma esponja encharcada (*palavra obstáculo*). Como explicita Bachelard, Franklin vê a esponja como uma verdadeira categoria empírica, a matéria comum seria uma espécie de esponja para o fluido elétrico, ou seja, assim como uma esponja é capaz de reter uma determinada quantidade de água, a matéria comum seria capaz de reter certa quantidade de matéria elétrica.

[...] a esponja não absorveria água se as partes da água não fossem menores que os poros da esponja; só a absorveria muito devagar, se não houvesse uma mútua atração entre suas partes e as partes da esponja; esta ficaria embebida mais depressa se a atração recíproca entre as partes da água não formasse um obstáculo, pelo que deve existir alguma força empregada para separá-las; enfim, a absorção seria muito rápida se, em vez de atração, houvesse entre as partes da água uma mútua repulsão que concorresse com a atração da esponja. É exatamente o caso em que se encontram a matéria elétrica e a matéria comum (FRANKLIN 1752 apud BACHELARD 1996, p. 94).

¹⁰ Franklin foi fortemente influenciado pelas leituras de um conjunto de traduções de trabalhos sobre eletricidade reunidos por Albrecht Von Haller (1708-1777). Para aprofundamento, sugerimos a leitura: HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th centuries. A study in early modern physics**, New York: Dover Publications, 1999; citado por: SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.

A evidência tão clara e distinta da função da esponja supriu a necessidade de ter que explicá-la. Como afirma Bachelard este exemplo traz a tona o nítido e deficiente caráter metafórico da explicação pela esponja. Portanto, por meio de uma única imagem ou uma única palavra, o obstáculo verbal exprime os mais variados fenômenos na falsa convicção de que os explica. Esta falsa convicção de explicação também se torna clara em outros fenômenos, por exemplo, a explicação da queda dos corpos pela palavra gravidade.

3.2.6 O conhecimento unitário e pragmático

O último obstáculo epistemológico proposto na obra *A formação do Espírito Científico* refere-se ao conhecimento unitário e pragmático. O conhecimento unitário induz a generalizações amplas e de caráter filosófico. Segundo Bachelard (1996) para o espírito pré-científico, a unidade (no sentido de generalizações) é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. A busca incessante pela unidade acarreta uma multidão de erros.

[...] As diversas atividades naturais tornam-se manifestações variadas de uma só e única Natureza. Não é concebível que a experiência se contradiga ou que seja compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade desconfia-se de erro (BACHELARD 1996, p. 107).

Assim, a formulação de “princípios gerais da natureza” pôde por fim às experiências, levando a valorizações abusivas e escondem possíveis contradições desta mesma experiência (MARTINS 2004). Quanto ao conhecimento pragmático (Suscetível de aplicações práticas), este segundo Bachelard, traduz-se na procura do caráter utilitário de um determinado fenômeno, ou seja, constitui-se em um obstáculo ao levar a convicção de que:

[...] encontrar uma utilidade é encontrar uma razão. Em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não só pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio de explicação (BACHELARD 1996, p. 114).

Neste contexto, Bachelard afirma que a própria utilidade fornece uma espécie de indução pragmática ou utilitária, a qual leva a generalizações exageradas. Assim, ao referir-se a aspectos utilitários dos conceitos, parece que isto por si só é suficiente para defini-los.

Apresentados os obstáculos epistemológicos, compartilhamos com Martins e Pacca (2005) que tais obstáculos, presentes no pensamento científico, resultam da própria atividade cognitiva, dificultando a abstração e a construção dos objetos teóricos da ciência. Para Bachelard (1996), 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.

Assim, é a superação de obstáculos epistemológicos que propicia o avanço do conhecimento. Sendo assim buscamos entender como a visita à Casa Maluca pode ajudar, por meio da vivência da gravidade em um espaço alterado, a identificação e a superação dos obstáculos epistemológicos em direção ao conhecimento científico aceito atualmente sobre o assunto.

Contudo, se o progresso do conhecimento depende da superação de obstáculos, esse por sua vez nunca é definitivo. Neste contexto é que Bachelard (1991) introduz a noção de perfil epistemológico, onde o progresso epistemológico não implica no abandono completo do conhecimento anterior, mas sim uma espécie de convivência pacífica entre os novos conhecimentos e os antigos.

3.3 A noção de perfil epistemológico

Segundo Bachelard (1991), a noção de obstáculo epistemológico e perfil epistemológico estão intimamente ligados. O desenvolvimento do pensamento científico, precedido da superação de obstáculos epistemológicos, é ressaltado pelo autor pela descontinuidade e a ruptura com os obstáculos epistemológicos que se sucedem (ZANETIC e MOZENA 2007). Características desse desenvolvimento histórico,

[...] um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estágios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos (BACHELARD 1991, p. 48).

Bachelard sugere a ruptura entre o conhecimento científico e o senso comum, porém deixa claro que o “aprendiz” não deve abandonar os conhecimentos adquiridos em sua vida cotidiana para adquirir cultura científica, ou seja, os alunos não devem ser tratados como tabulas rasa, mas sim como possuidores de conhecimentos. “Não se trata de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental” (BACHELARD 1991, p. 23), e essa mudança ordena uma revisão dos erros iniciais, em direção a superação de crenças e concepções que se distanciam da racionalidade científica aceita atualmente.

Em sua obra *A Filosofia do Não*, publicada pela primeira vez em 1940, o autor reserva um capítulo para trabalhar mais de perto a noção de perfil epistemológico, mostrando que um conceito científico particular pode ser interpretado sob vários aspectos. Revela que a construção de qualquer conceito científico necessitou de diferenciadas perspectivas filosóficas até atingir seu estágio de maturação atual, com o racionalismo da ciência contemporânea.

A noção de perfil epistemológico é fundada em meio a essa pluralidade de doutrinas filosóficas, onde cada uma esclarece apenas uma face de cada conceito (MARTINS e

PACCA 2005). Para Bachelard o sentido da evolução epistemológica de qualquer conceito científico é claro e constante, ou seja, seu desenvolvimento caminha sempre no sentido de uma maior racionalidade.

Bachelard propõe uma espécie de evolução (desenvolvimento) de conceito que vai desde um pensamento realista ingênuo, passando pelo positivismo (empirismo), racionalismo clássico (que segundo o autor ganha toda sua clareza no final do século XVII com Newton), até pensamentos mais sofisticados chamados pelo autor de ultra-racionalismo¹¹. Bachelard salienta ainda que nenhuma doutrina filosófica por si só é suficiente para descrever todas as diferentes formas de pensamento que podem ser usadas para explicar um conceito científico.

De modo a ilustrar seu pensamento, Bachelard (1991) realiza a construção de seu próprio perfil epistemológico para os conceitos de massa e energia. A seguir descrevemos sucintamente a *maturação filosófica* do pensamento científico exposto por Bachelard para o conceito massa, e discutiremos cada uma das doutrinas filosóficas propostas pelo autor.

A apreciação quantitativa grosseira da noção de massa é o ponto de partida. Aprecia-se a massa pelo que se vê - o maior tem mais massa. A primeira contradição é o conhecimento primeiro associando-se o grande ao pesado. O realismo (realismo ingênuo) aparece associado ao senso comum. A noção de massa corresponde então a uma apreciação quantitativa grosseira da realidade. “[...] o senso comum despreza a

¹¹ Bachelard explicita que o ultra-racionalismo engloba o racionalismo completo (que segundo o autor surge com a teoria da Relatividade) e o racionalismo contemporâneo (também chamado pelo autor de racionalismo discursivo). Neste contexto, em sua exemplificação de perfil epistemológico para os conceitos massa e energia, faz uso das subdivisões do ultra-racionalismo para mostrar a maturação filosófica de um conceito particular.

massa das coisas miúdas [...] a massa só é quantidade se for suficientemente grande” (BACHELARD 1991, p. 23).

Quando entendemos a diferença entre o grande e o pesado, o primeiro obstáculo é superado. O conceito se interioriza e passa a ficar então ligado à utilização de uma balança. Assim, a segunda “categoria”, adjetivada por Bachelard de clara e positivista, refere-se ao empirismo. Segundo o autor este conceito está ligado à utilização da balança, a noção de massa com um emprego empírico.

[...] a tal conceito simples e positivo, a tal determinação simples e positiva de um instrumento [...] corresponde um pensamento empírico, sólido, claro, positivo e imóvel. É fácil imaginar que esta experiência constitua uma referência necessária e suficiente para legitimar qualquer teoria (BACHELARD 1991, p. 26).

Em seu terceiro aspecto da maturação filosófica, estabelecem-se relações claramente racionais, analisadas por leis racionais da aritmética, “[...] é no sentido da *complicação filosófica* que se desenvolvem verdadeiramente os valores racionalistas [...] desenvolve-se no sentido de uma complexidade crescente” (BACHELARD 1991, p. 27-8). Assim no racionalismo clássico (também chamada por Bachelard de racionalismo newtoniano), com a mecânica newtoniana ensinada nas escolas, à noção de massa define-se como o quociente da força pela aceleração e a noção de massa passa a não ser mais apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta.

O surgimento da teoria da relatividade trouxe a noção de massa como possuidora de uma estrutura funcional interna, ou seja, a noção simples e direta de massa passa a dar lugar à noção complexa de massa.

[...] a noção de massa passa então a depender da velocidade e associa-se com a energia como função da matéria. O racionalismo se enriquece com esta abertura e complicação das noções de base (racionalismo completo) (PINTO e ZANETIC 1999, p. 11).

Em outras palavras, com a Relatividade descobre-se “que a massa, outrora definida como absoluta no tempo e no espaço, como base de um sistema de unidades absolutas, é uma função complicada de velocidades. A massa de um objeto é, pois relativa ao deslocamento deste objeto” (BACHELARD 1991, p.30).

Com uma abordagem mais contemporânea, a interpretação que Bachelard faz da mecânica do físico Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984)¹² complica ainda mais a estrutura interna da noção de massa, passando a distinguir (a partir da matematização) duas massas, uma positiva e outra negativa. Surge então um novo aspecto filosófico para o conceito de massa: a dialetização do conceito.

Nós tínhamos apenas necessidade de uma massa; o cálculo dá-nos duas, duas massas para um só objeto. Uma destas massas (relativa à matéria) resume perfeitamente tudo o que se sabia da massa nas quatro filosofias precedentes: realismo ingênuo, empirismo claro, racionalismo newtoniano, racionalismo completo einsteiniano. Mas a outra massa dialética da primeira é uma massa negativa (relativa à ‘anti-matéria’). Trata-se de um conceito inteiramente inadmissível nas quatro filosofias antecedentes (BACHELARD 1991, p.33).

A partir da construção de Bachelard, vemos que à medida que se percorre um determinado perfil epistemológico, a definição para o conceito vai se tornando mais complexo e mais racional. Esta é uma característica que deve ocorrer para todos os perfis de conceitos que se propõem realizar. Percebemos também que a parte referente ao realismo na construção, corresponde, em geral, às concepções de senso comum que as pessoas trazem.

¹² Dirac na tentativa de compatibilizar a Mecânica Quântica com a Teoria da Relatividade formulou em 1928 a chamada *Equação de Dirac*, a qual descreve o comportamento relativístico do elétron. Sua teoria o levou a prever a existência do pósitron, a antipartícula do elétron. Em 1932, essa partícula foi descoberta por Carl Anderson (1905-1991), dando evidências irrefutáveis para a teoria de Dirac, sobre partículas de massa contrárias à já existentes. “[...] A simetria entre partícula e antipartícula é uma das verdades da Física atual. Sabe-se hoje, que para cada partícula, existe uma antipartícula de massa idêntica e carga contrária, de spin igual e estranheza oposta. Contudo, quando ambas se encontram, são aniquiladas mutuamente, transformando-se em raios gama” (SIQUEIRA 2006, p. 33-6). Para aprofundamento, sugerimos a leitura: SIQUEIRA, M. R. P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio**, Dissertação (Ensino de Ciências), Instituto de Física, Faculdade de Educação e Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006, 257p.

Ao realizar a construção gráfica para seu perfil epistemológico do conceito massa o autor cita as dificuldades em estabelecer valores para cada aspecto filosófico. Adverte para o cuidado que deve ser tomado ao se interpretar esse tipo de representação, uma vez que se trata de uma aproximação qualitativa grosseira.

[...] tentaremos (Gráfico 1) então pôr grosseiramente em evidência a importância relativa, colocando em abscissa as filosofias sucessivas e em ordenadas um valor que, se pudesse ser exata, mediria a frequência de utilização efetiva da noção, a importância relativa de nossas convicções [...] (BACHELARD 1991, p.40).

Gráfico 1 - Perfil epistemológico referente ao conceito de massa de Bachelard (1991, p. 41).

Nos últimos anos tem havido um ressurgimento internacional da obra bachelardiana, principalmente em trabalhos sobre ensino e aprendizagem de ciências. No Brasil este fato não é diferente, muitos trabalhos observam a necessidade de superação de obstáculos, seja epistemológicos ou pedagógicos, nos processos de ensino e aprendizagem (ZANETIC e MOZENA 2007).

Ao considerarmos a trajetória acadêmica de Gaston Bachelard, logo nos deparamos com um epistemólogo preocupado com o Ensino de Ciências. Assim seria no mínimo incoerente dizer que suas contribuições se restringiram ao universo científico. Portanto, aqui abrimos um *parêntese* para relatar de forma breve as relações entre Bachelard e o Ensino de Ciências.

3.4 Bachelard e o Ensino de Ciências

Em diversos momentos de sua obra *A formação do Espírito Científico* Bachelard ressalta a importância e a necessidade dos professores conhecerem as concepções prévias dos alunos. O autor francês considerava que está no ato de ensinar a melhor forma de se aprender e que a preocupação dos educadores deve sempre ser direcionada para alterar a cultura cotidiana prévia do aluno, uma vez que as concepções já enraizadas seriam entraves para a incorporação de novos conhecimentos. Bachelard afirma que a noção de obstáculos epistemológicos pode ser estudada na prática da educação, já que a prática educativa também está sujeita a retardos e a contrapensamentos (JAPIASSU 1976). Assim, coloca o obstáculo pedagógico como sendo derivado do fato do professor, principalmente o de ciências, não compreender porque o aluno não compreende.

Há uma infinidade de exemplos de obstáculos pedagógicos no ensino de ciências. Um deles, que traduz uma intuição repleta de erros, é o equilíbrio dos corpos flutuantes.

[...] atribui-se uma atividade ao corpo que flutua [...] se tentarmos com a mão afundar um pedaço de pau na água, ele resiste. Não é costume atribuir esta resistência à água. Assim, é difícil explicar o princípio de Arquimedes [...] se antes não forem criticadas [...] as intuições primeiras [...], sem esta psicanálise dos erros iniciais, não se conseguirá explicar que o corpo que emerge e o corpo completamente imerso obedecem à mesma lei (BACHELARD 1996, p. 23).

Bachelard critica a insistência de se ensinar apenas resultados. O ensino de resultados é muito mais simples, porém o ensino dos resultados da ciência nunca é um ensino científico. Para o autor, se não for explicada a evolução que levou a tal resultado, facilmente o aluno irá associar o resultado a suas imagens mais conhecidas.

Para vencer os obstáculos pedagógicos é muito importante mostrar ao aluno razões que o levem a evoluir, substituindo o saber fechado e estático pelo conhecimento aberto e dinâmico. Também é muito importante considerar o erro em ciências, assim, o

conceito de erro não aparece como sinônimo de fracasso ou entrave para o espírito científico, mas como elemento que faz parte de sua evolução e desenvolvimento.

[...] a lógica da verdade atual da ciência não é a lógica da verdade de sempre: as verdades são provisórias [...] não existem verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a verdade está em devir [...] O que sabemos é fruto da desilusão com aquilo que julgávamos saber; o que somos é fruto da desilusão com o que julgávamos ser (LOPES 1996, p.253-4).

A História da Ciência nos revela que muitas ideias que os alunos têm hoje são equiparados a ideias históricas, um exemplo é a concepção aristotélica de gravidade que muitos estudantes apresentam quando indagados sobre a queda dos corpos. O uso da História da Ciência no ensino pode fortalecer o pensamento científico mostrando, por meio de erros e acertos, a evolução da ciência.

Eduardo Fleury Mortimer¹³ (1992, 1996, 1997 e 2000) tem trabalhado de forma bastante original a epistemologia de Bachelard, especificamente a noção de perfil epistemológico no Ensino de Ciências, particularmente no Ensino de Química. O autor apropriando-se da noção bachelardiana de perfil epistemológico propõe como estratégia para o Ensino de Ciências um modelo que chamou de perfil conceitual. O perfil conceitual também evidencia as diferentes zonas de perfis relativas a um determinado conceito, de modo que o deslocar no sentido de uma maior maturação filosófica, dentro de um perfil conceitual, também significa uma evolução conceitual.

Segundo Mortimer, a intenção de um perfil conceitual é construir um modelo para descrever a evolução das ideias, tanto no espaço de sala de aula, como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino (MORTIMER 1996). A noção de perfil

¹³ Eduardo Fleury Mortimer é professor e pesquisador da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil. Dentre suas publicações, destacamos o livro *Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências*, publicado em 2000 pela editora da UFMG. Nesta obra o autor apresenta um estudo sobre a evolução das concepções, e o uso destas concepções na explicação dos estados físicos dos materiais, entre estudantes do último ano do ensino fundamental, discutindo a noção de perfil conceitual.

conceitual é compatível com o perfil epistemológico na medida em que entende que uma única forma de pensamento é insuficiente para lidar com um único conceito. O autor apresenta então elementos importantes que, em sua visão, devem ser somados à noção bachelardiana.

O primeiro deles é a introdução de características ontológicas (relativo à essência do conceito), e não apenas às epistemológicas (relativo ao conhecimento - objeto/fenômeno), nas zonas de interpretações (evoluções) dos conceitos científicos. Segundo o autor, esta introdução se justifica, pois ambas as características podem mudar à medida que se constrói o perfil. Muitos problemas na aprendizagem dos diversos conceitos científicos encontram-se relacionados às dificuldades dos alunos em mudarem as categorias ontológicas relacionadas ao conceito em questão.

Outro aspecto é a conscientização por parte do estudante de seu próprio perfil (a tomada de consciência). O autor argumenta que as experiências pessoais e sociais e a consciência sobre o próprio perfil influenciam diretamente na composição do mesmo. Ao se deparar com seu próprio perfil, o aluno seria capaz de privilegiar determinados mediadores e linguagens sociais, como aqueles mais ajustados a contextos específicos (MORTIMER 1996).

Ao descrever a noção de perfil conceitual, Mortimer levanta uma questão muito importante no Ensino de Ciências: a linguagem. Assim, apresenta um diagrama (Figura 4) onde sintetiza características de um perfil conceitual, dando destaque para o papel da linguagem nos processos de mediação.

[...] as diferentes zonas do perfil conceitual de um indivíduo correspondem às suas diferentes formas de ver o mundo. Cada zona requer um processo de mediação didática e linguagem específica. Apesar das diferentes linguagens utilizadas em cada zona, a mediação didática do professor pode promover a interação das várias linguagens sociais com uma única linguagem, a partir da qual cada sujeito, imerso numa cultura, interpreta os fenômenos sob estudo (LOBO 2007, p. 96).

Figura 4. Características de um perfil conceitual (MORTIMER 1997, p. 202).

Segundo Mortimer, ao construir e colocar lado a lado em um mesmo perfil, concepções cotidianas e pessoais, conceitos científicos (clássicos e modernos) cria-se uma situação que pode ser referência e permitir traçar a linha evolutiva do conceito que está sendo investigado. Além disso, pode-se identificar os obstáculos à construção de ideias mais contemporâneas, e complementa que as categorias (zonas) pelas quais um perfil é traçado são as mesmas para cada conceito (MORTIMER 1996).

Ao considerarmos que as características individuais são profundamente influenciadas pela cultura em que cada indivíduo está inserido, acreditamos que podemos ampliar e tentar definir um mesmo perfil a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura.

Em face às ideias expostas, André Ferrer Pinto Martins¹⁴ (2006b) questiona a preferência de Mortimer pela expressão “perfil conceitual” em relação ao “perfil epistemológico” proposto por Bachelard. A inquietação enunciada por este autor se deve a introdução de características no *novo* perfil que estaria ausente na construção bachelardiana. Para Martins (2006b) grande parte do que é proposto (acrescentar diferenças ontológicas entre as várias regiões do perfil e a visão do perfil como um sistema supra-individual de formas de pensamento) já fazem parte da proposta de Bachelard, não havendo justificativa para uma nova terminologia. Quanto à questão ontológica do perfil, o autor diz:

[...] embora Bachelard o tenha denominado de perfil epistemológico, a exemplificação que faz dessa noção com o conceito de massa [...] não deixa dúvidas quanto às diferenças ontológicas entre as várias regiões do perfil. A massa, do ponto de vista do empirismo, é, sem dúvida, ontologicamente diferente da noção racionalista de massa. Parece-nos que Bachelard poderia muito bem ter “batizado” o perfil de perfil onto-epistemológico, sem qualquer modificação de sua proposta original (MARTINS 2006b, p. 9).

Concordamos com Martins (2006b) que diferenças ontológicas para expressar determinado conceito já fazem parte da epistemologia bachelardiana, ou seja, acreditamos que ao se *percorrer* o perfil proposto por Bachelard, sempre no sentido de uma maior maturação filosófica, há alterações tanto nas características epistemológicas quanto ontológicas, no sentido da compreensão de determinado conceito. Assim, supomos que o termo “epistemológico” adotado por Bachelard tenha o sentido de realçar a ideia do desenvolvimento da ciência nesse campo.

¹⁴ André Ferrer Pinto Martins é professor e pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. Dentre suas publicações, destacamos o livro *Tempo Físico: a construção de um conceito*, publicado em 2007 pela editora da UFRN. Nesta obra o autor propõe a aproximação entre epistemologia e pedagogia tanto para a pesquisa em Ensino das Ciências quanto para a sua prática em sala de aula. Discute ainda o conceito tempo a partir da noção de obstáculos e perfil epistemológico proposto pelo francês Gaston Bachelard.

Outra adaptação do perfil proposta por Mortimer, que diz respeito às zonas pelas quais o perfil é traçado e a ideia dos níveis pré-científicos do perfil, também são em partes questionadas por André Ferrer Pinto Martins.

[...] acreditamos que uma parte do segundo dos argumentos de Mortimer, no que diz respeito à visão do perfil como um sistema supra-individual de formas de pensamento, em que as categorias são independentes do contexto, já se encontra presente na proposta bachelardiana. Na realidade, esta seria uma das características básicas da noção de perfil epistemológico. Por outro lado, a ideia de que os níveis pré-científicos do perfil não seriam determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas por compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos, talvez justificasse de fato a adoção de outra terminologia. (MARTINS 2006b, p. 9)

Ao considerarmos que a construção de um determinado conceito traz consigo a superação de uma abundância de obstáculos epistemológicos, é possível considerar subdivisões de certas regiões de perfis epistemológicos, o que, de certa forma não estaria em desacordo com a visão de Bachelard, visto que este último em sua obra *A Filosofia do Não* faz referência a primeira região (zona) de perfil epistemológico com a denominação de realismo ingênuo. Porém também acrescenta a presença do animismo e da experiência primeira nesta região, ou seja, é possível que uma mesma região de um perfil epistemológico apresente uma pluralidade de obstáculos epistemológicos.

A partir da exposição da noção de perfil epistemológico proposto por Bachelard (1991) e da discussão apresentada acima, entre as noções de perfil epistemológico e conceitual, buscamos discutir a construção de um primeiro perfil para o conceito gravidade, a partir da análise e acompanhamento das visitas à Casa Maluca.

Aqui usaremos a noção de perfil epistemológico proposto por Bachelard, uma vez que acreditamos que as considerações explicitadas por Mortimer sobre perfil conceitual encontram-se presentes, implicitamente, na epistemologia bachelardiana. Assim, acreditamos que a expressão perfil epistemológico permite um vínculo mais estreito com

nosso referencial adotado, a epistemologia de Bachelard, além de nos fornecer subsídios suficientes para o que nos propusemos pesquisar.

Assim, acreditamos que a problematização das ideias dos estudantes sobre gravidade neste ambiente fisicamente alterado pode nos ajudar a entender como a Casa Maluca pode favorecer a mudança (ou não) dos perfis epistemológicos dos visitantes quanto ao conceito gravidade. Enfim, compartilhamos com Souza Filho et. al (2008) que a busca e identificação dos perfis e obstáculos epistemológicos, independente do conceito em questão, são ferramentas preciosas que podem auxiliar o professor, particularmente o de ciência, em atividades de ensino e pesquisa.

CAPÍTULO 4

CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL INVESTIGADO

[...] a maioria das pessoas consome ciência enquanto cultura, mas, ao mesmo tempo, está alienada de sua presença real no cotidiano [...] cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell (ZANETIC 1989).

4.1 O Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP) ¹⁵

O Centro de Divulgação Científica e Cultural pertence à Universidade de São Paulo e é vinculado à Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária, ao Instituto de Física de São Carlos e ao Instituto de Química de São Carlos. Estima-se que 75 mil pessoas visitem o CDCC anualmente. Fazem parte do CDCC os setores de Astronomia e seu Observatório Astronômico, Biologia e Educação Ambiental, Computação, Física, Química, Matemática, Exposições de Ciências e Biblioteca.

As Exposições de Ciências têm como finalidade manter um contato mais próximo entre a ciência e a sociedade, compreendendo três espaços expositivos: Espaço de Física, Espaço Vivo de Biologia e o Jardim da Percepção. Este último ocupa uma área externa do CDCC com aproximadamente 600 m² e contém, entre outras coisas, diversos experimentos interativos de Física, réplicas de ambientes naturais e a Casa Maluca.

No Jardim da Percepção os experimentos enfatizam as sensações e percepções de fenômenos naturais integrando o uso dos sentidos como forma de diálogo com a natureza. Assim, as exposições buscam ir além de uma simples manipulação dos objetos expostos, ou seja, têm o intuito de fazer com que o visitante ao percorrer a exposição tenha um envolvimento intelectual com o que está vivenciando, pense e reflita sobre cada fenômeno ali *representado*. O caráter interdisciplinar das exposições também

¹⁵ Baseado nas informações disponíveis em: <www.cdcc.sc.usp.br>. Acesso em: 15 Out. 2009.

propicia inúmeras maneiras de explorar e vivenciar a ciência envolvida nas instalações, além de possibilitar aos visitantes a realização de inúmeras correlações entre eles.

4.2 A Casa Maluca

Figura 5. A Casa Maluca

A Casa Maluca foi construída com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° com relação ao referencial externo. 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. Na figuras 6, 7, 8, 9 e 10 apresentamos algumas das atividades realizadas durante as visitas à Casa Maluca.

ATIVIDADE 1: Levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos

Figura 6. Cadeira com o assento paralelo ao piso da casa

Nesta atividade é pedido para que o visitante tente levantar da cadeira sem utilizar as mãos e sem encostar os pés na cadeira. O objetivo é fazer com que perceba a decomposição da força peso e explicitem suas ideias daquilo que estão vivenciando. Esta simples atividade, que passaria despercebida se desenvolvida em um ambiente aberto, devido ao contexto em que está inserida e as provocações resultantes de sua realização, se torna uma sensação para os alunos, evidenciando a influência dos contextos propostos por Falk e Dierking (2000) (neste caso o contexto físico) nos trabalhos em centros de ciências.

ATIVIDADE 2: Bola que “sobe” um plano inclinado

Figura 7. Mesa de sinuca no plano inclinado

Visualmente, a priori, pode-se tirar duas conclusões a respeito desta atividade: a mesa está reta em relação ao referencial externo, compensando a inclinação da casa ou a mesa está inclinada para a parte de cima da casa. Aqui o visitante é levado a se questionar porque a bolinha vai para o lado contrário ao que era esperado, ou seja, a princípio espera-se que a bolinha ao ser colocada na mesa role (com base na figura acima) para o lado direito da mesa, porém, a mesa por não compensar a inclinação de 15° da casa faz com que a bolinha role para o outro lado. Mais do que as respostas dos visitantes, interessa-nos as explicações que eles têm para o fato presenciado e a relação com o conceito gravidade.

ATIVIDADE 3: Inclinação do prumo de um filete d'água

Figura 8. Inclinação do prumo de um filete d'água

Ao abrir uma torneira colocada numa das suas paredes, nota-se a inclinação do prumo de um filete d'água. A imagem do filete d'água caindo com inclinação desperta o interesse dos alunos e ao mesmo tempo revela uma mistura de sentimentos de dúvida e admiração pelo o que está sendo observado. Neste contexto, é solicitado aos alunos que expliquem o que está acontecendo e o conceito que está envolvido na atividade. É perguntado ainda se tal conceito pode ser verificado em outros momentos da visita

ATIVIDADE 4: Segurando o taco de sinuca

Figura 9. Taco de sinuca

Esta atividade realizada com um taco de sinuca visa mostrar para os visitantes que a gravidade atua sobre os objetos mesmo que estes não estejam em contato com o solo.

Para realizar esta atividade, segura-se um taco de sinuca em suas extremidades de modo que ele fique perpendicular ao plano da casa, então solta-se a extremidade inferior do taco e este naturalmente não se alinha perpendicularmente ao piso da casa, mas sim com o piso externo à casa. Ocorre que, ao segurar o taco perpendicularmente ao piso da casa este se posiciona com um ângulo de 15° em relação ao piso externo, assim no momento em que se solta sua extremidade inferior, o taco é direcionado para o centro da Terra devido à atração entre as massas envolvidas.

ATIVIDADE 5: Saindo da casa e visualizando a imagem com 15° de inclinação

Figura 10. Saindo da Casa Maluca

Logo ao entrar na casa o visitante se depara com um espelho, onde pode visualizar sua imagem com um ângulo de inclinação. É importante frisar que os outros objetos “iludem” a visão parecendo estar na horizontal. Na saída da casa, realizamos uma última experiência com os visitantes com o intuito de perceberem a influência do contexto físico (fisicamente modificado) na percepção de alguns fenômenos da natureza, neste caso a gravidade. 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).

Alguns objetos que fazem parte da Casa Maluca não têm a função de trabalhar a percepção da gravidade, mas sim de fortalecer a imagem que os visitantes ao entrarem na Casa Maluca estão em um plano horizontal. Dentre eles destacamos:

1. Um relógio de parede que possui um motorzinho que tem o objetivo de “compensar” a inclinação da casa, ou seja, o pêndulo do relógio só vai até o meio, reafirmando a sensação de plano horizontal para o visitante.
2. Prateleiras com livros instaladas paralelamente ao piso da casa. Nelas os livros ficam enfileirados perpendicularmente (em pé) ao piso da casa, devido à ajuda dos suportes.
3. Dois lustres fixados no teto por correntes com gomos rígidos, de modo que fiquem também perpendiculares ao teto e piso da casa.

Na Casa Maluca a inclinação de 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra 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. É importante lembrarmos que 15° não é uma inclinação pequena, normalmente ruas e avenidas têm inclinações bem menores do que a sentida na Casa Maluca.

Figura 11a. Casa Normal sem inclinação com a horizontal não há decomposição da força peso

Figura 11b. Casa Maluca ângulo $\alpha = 15^\circ$ com a horizontal, temos: $P_x = P \sin \alpha$ e $P_y = P \cos \alpha$.

É importante frisar que durante a visita à Casa Maluca, 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.

Enfim tais alterações podem ser problematizadas através de perguntas feitas aos visitantes com o objetivo de tomarem consciência da força gravitacional e sua dependência com o referencial adotado. Indagações do tipo: “A que se deve a dificuldade em se levantar da cadeira? Por que fora da Casa Maluca é diferente?” e “O que atua sobre a água da torneira para que ela caia inclinada?” buscam levar os alunos a perceberem que a gravidade se manifesta o tempo todo e questionar fortemente seus conceitos trazidos pelo senso comum.

4.3 Sensação e Percepção na Casa Maluca

O fato de estarmos cercados por um mundo de artefatos, acontecimentos e notícias faz com que sentimos a presença destes sem o menor esforço consciente. Esta constatação gera um ambiente natural em que as sensações acabam sendo tidas como certas e impercebíveis no cotidiano (SCHIFFMAN 2005). A quebra desta aparente harmonia pode ser conseguida de diversas formas, por exemplo, em uma visita à Casa Maluca.

Quando no interior da casa o visitante tenta se orientar pelas paredes e piso neste novo referencial, logo ao entrar na Casa Maluca, o estímulo visual tende em alguns momentos a se sobrepor aos demais sentidos para a manutenção do equilíbrio (FERNANDES et al. 2006). Algumas pessoas ao entrarem na casa têm a impressão de que ela está girando. Podemos atribuir o desconforto ao conflito 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 informa que estamos em um piso inclinado.

Os mecanismos sensoriais envolvidos quando adentramos à Casa Maluca são, provavelmente, os que mantêm a manutenção da postura e equilíbrio (visão, propriocepção e aparelho vestibular). As informações originadas por estes três sentidos é que servem de parâmetro para que o cérebro interprete e atue buscando qual a melhor posição do corpo para a manutenção do equilíbrio.

A visão é o sentido que nos localiza no mundo exterior através da noção de distância, velocidade e movimento. A propriocepção, do inglês *proprioceptive* (termo criado pelo fisiologista inglês Charles Sherrington (1857-1952) e entendido como mecanismo sensorial capaz de receber estímulos originados no interior do próprio organismo), é provocada por deslocamentos mecânicos dos músculos e das articulações; ela informa o cérebro da posição, grau de contração e tensão de cada músculo do corpo. É através deste sentido que temos a noção de onde estão nossos membros. O aparelho vestibular detecta a posição da cabeça no espaço, isto é, determina se ela está ereta em relação à força gravitacional da Terra, se está jogada para trás, se está voltada para baixo ou em outra posição (FERNANDES et al. 2006).

Uma nova orientação em relação ao referencial da superfície da Terra ocasiona efeitos diferentes em cada pessoa, desde mal estar até náusea. Devido a este fato, antes de iniciar a visita à Casa Maluca é realizada uma conversa informal com os participantes onde, entre outras coisas, é perguntado se alguém sofre de labirintite, uma doença que acomete o labirinto, e pode comprometer a manutenção do equilíbrio corporal. O labirinto, também conhecido como ouvido interno, informa o sistema nervoso central sobre a direção dos movimentos da cabeça e do corpo. Os olhos informam a posição do

corpo no espaço. Assim a chegada de informações conflitantes no sistema nervoso central pode resultar em tontura e/ou enjôo¹⁶.

Como afirma Oliveira (1997) a nossa percepção não identifica o mundo exterior como realmente ele é, mas sim como as transformações efetuadas pelos nossos órgãos dos sentidos nos permitem reconhecê-lo. Assim é importante não privilegiar um sentido em detrimento de outro no entendimento dos diversos fenômenos da natureza.

Neste contexto, nossos sentidos podem nos enganar, o que parece estar perto pode estar longe (por exemplo, as estrelas que vemos a noite no céu) e o que parece se movimentar pode na verdade estar parado (Figuras 12a). Assim é que transformamos fótons em imagens, vibrações em sons e ruídos e reações químicas em cheiros e gostos específicos.

Ainda que nosso conhecimento do mundo dependa de nossos sentidos, é importante reconhecer que o mundo criado por eles nem sempre corresponde exatamente à realidade física que está presente (SCHIFFMAN 2005). A figura 12b traduz de forma até mesmo ingênua esta constatação, apesar dos segmentos verticais parecerem desiguais no comprimento (uma evidencia óbvia fornecida por nossos sentidos) elas possuem o mesmo comprimento.

¹⁶ Para aprofundamento sugerimos a leitura: LINDEN, A. **Tontura - vertigem – labirintite**, ABC da saúde - informações, 2006. Disponível em: <<http://www.abcdasaude.com.br/artigo.php?542>>. Acesso em: 13 Out. 2009.

Figura 12a. Olhe fixamente! Seria possível algo se movimentar no papel? ¹⁷

Figura 12b. Os segmentos verticais parecem desiguais?

Segundo Schiffman (2005) a percepção envolve organização, interpretação e atribuição de sentidos àquilo que os órgãos sensoriais processam inicialmente. Em geral não nos damos conta do problema da percepção a menos que sejamos confrontados com situações pouco comuns, como é o caso da percepção da gravidade terrestre na visita à Casa Maluca. Porém, mesmo que duas pessoas tenham características físicas, genética e arquitetura biológica igual (caso isso fosse possível!) nunca terão a mesma percepção de um mesmo fenômeno, pois somados a estes fatores deve-se levar em conta a cultura, o meio social e a história de vida de cada um, que são únicas.

A partir do que foi apresentado podemos dizer que, na Casa Maluca como em qualquer outro ambiente, às vezes nossos olhos nos enganam, pois eles detectam as variações de luz no ambiente e se comunicam com o cérebro, que as decodifica como sensações visuais. Estas informações são as bases para formar as percepções de qualquer

¹⁷ Disponível em: <<http://www.panoramablogmario.blogspot.com.br/rotsnakemini.gif>>. Acesso em: 5 Jun. 2009.

fenômeno (RETONDO 2004). Seria coerente neste ponto indagar afinal, o que percebemos?

Segundo Oliveira (1997) é interessante dividir esta questão em o que percebemos e o que sentimos. Já mencionamos que percebemos o que nos rodeia através dos nossos sistemas sensoriais. No entanto, há algo que é indissociável das percepções: as sensações. Por si só, as sensações não oferecem o pleno conhecimento do mundo, porém elas representam os elementos primordiais e necessários ao conhecimento, sem os quais não existiriam percepções.

Dentre as inúmeras definições para a sensação podemos dizer que se trata de um fenômeno psíquico elementar, resultado da ação de variados estímulos externos sobre todos os órgãos dos sentidos. Assim, as sensações são obtidas pela transformação, das várias formas de energia (química, térmica, luminosa e mecânica) pelo sistema nervoso (OLIVEIRA 1997; FERNANDES 2006). Por outro lado, percepções podem ser entendidas como ações pelas quais tomamos conhecimento do meio exterior. Não são apenas registros do mundo que nos circundam, mas, é a partir dos fenômenos físicos externos, que o cérebro constrói uma representação interna.

Nos processos de percepção, acrescentamos aos estímulos os elementos da memória, o raciocínio, o juízo e o afeto (OLIVEIRA 1997; FERNANDES 2006). Sendo assim, conectamos as qualidades objetivas dos sentidos aos elementos subjetivos, ou seja, próprios de cada indivíduo, de sua história, cultura e sociedade.

Tomando como pressuposto o aspecto inseparável das sensações e percepções, dizemos que enquanto as primeiras oferecem ao indivíduo fundamentos da realidade, nas percepções tais fundamentos se organizam de acordo com estruturas específicas, conferindo originalidade pessoal à realidade apreendida (OLIVEIRA 1997).

Na Casa Maluca a sensação de desequilíbrio está diretamente relacionada com a inclinação do corpo, e por consequência, da cabeça em relação à orientação da força gravitacional terrestre, o que implica na percepção da gravidade. Habitualmente a ação da gravidade ‘não é percebida’, visto que em situações cotidianas não nos damos conta das componentes resultantes da decomposição da força peso, a menos que confrontados com ambientes preparados para esta percepção, como é caso da Casa Maluca.

Neste contexto, vemos que a visita à Casa Maluca é um excelente recurso para se trabalhar o caráter vetorial da gravidade, ou seja, as atividades desenvolvidas durante as visitas podem ser um chamariz para problematizar o conceito, fazendo o visitante perceber a constante atuação da gravidade e seu caráter vetorial.

CAPÍTULO 5

METODOLOGIA

A educação nunca começa no vazio, não se forjam reações inteiramente novas nem se concretiza o primeiro impulso. Ao contrário, sempre se parte de formas de comportamento já dadas e acabadas e fala-se da sua mudança, procura-se a sua substituição, mas não o absolutamente novo (VYGOTSKY 2001, p.428).

5.1 Detalhamentos da metodologia

A metodologia adotada é uma combinação de metodologias de pesquisa qualitativa e quantitativa. Como afirmam Lüdke e André (1986) esta combinação é importante, pois fornece subsídios fundamentais para a coleta e análise dos dados.

A pesquisa quantitativa é em sua essência um método de pesquisa que em geral utiliza-se de construções de questionários e de procedimentos estatísticos como forma de análise dos dados. A pesquisa quantitativa foi realizada com a utilização de questionários. Como destaca Gil (1999) a aplicação de questionários possibilita atingir um grande número de pessoas em um curto espaço de tempo, além de propiciar aos ‘entrevistados’ tranqüilidade na hora de responder e garantir o anonimato das respostas enunciadas.

De forma a balizar outras etapas da pesquisa, elaboramos um questionário para ser respondido logo após a visitação. Tal escolha se justifica pelo fato de não influenciar e direcionar as ideias dos alunos quanto ao conceito gravidade durante a visita à Casa Maluca. O primeiro passo foi a elaboração de um questionário piloto. A análise dos resultados mostrou a necessidade de alguns ajustes, os quais foram implementados para a elaboração do questionário definitivo, em anexo. As modificações foram no sentido de alterar o texto, pois algumas questões que não estavam claras, ou eram interpretadas de forma errada. As modificações foram testadas verificando uma redução acentuada dos problemas identificados anteriormente.

Em relação à pesquisa qualitativa, segundo Bogdan e Biklen (1994), esta envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, no presente caso entre nós, enquanto pesquisadores, e os alunos do ensino médio, enquanto visitantes da Casa Maluca. Neste tipo de pesquisa a ênfase maior é dada ao processo é não ao produto. Assim Lüdke e Menga (1986, p. 11-13) descrevem algumas características que consideram básicas para configurar a pesquisa qualitativa, dentre elas:

⇒ A pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Segundo as autoras, a justificativa é que o pesquisador precisa deste contato estreito e direto com a situação pesquisada, pois os fenômenos que ocorrem naturalmente são influenciados pelo seu contexto. Na presente pesquisa optamos por guiar pessoalmente todas as visitas com os alunos à Casa Maluca.

⇒ O pesquisador deve estar atento para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a correta compreensão do problema a que se propõe estudar. Devido a este fato, na visita à Casa Maluca optamos por realizar um conjunto metodológico para obtenção de dados, que englobam: observação, questionários, entrevistas e gravação em áudio e vídeo.

⇒ Na pesquisa qualitativa há sempre uma tentativa de capturar a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas. Na Casa Maluca o intuito foi buscar identificar, por meio das diferentes atividades realizadas, as ideias dos estudantes quanto ao conceito gravidade.

Saber o que os alunos pensam é muito importante para identificar e superar obstáculos epistemológicos provenientes do senso comum. Nas últimas décadas, pesquisas sobre os processos de ensino-aprendizagem, particularmente na área do Ensino de Ciências, têm atentado para a importância de se considerar as concepções que os alunos trazem ao submeterem-se ao ensino de determinados conteúdos. Compartilhamos com Palmer (2001) que devemos ter uma compreensão melhor de como os estudantes vêem o mundo, caso contrário seremos limitados severamente em nossa habilidade de ajudá-los em seu processo de aprendizagem de princípios científicos.

Fez parte da avaliação contínua a observação de atitudes e comentários dos visitantes durante a visita. Como afirmam Lüdke e André (1986, p. 25), é fato bastante conhecido que a mente humana é altamente seletiva e a seleção de um ou de outro objeto tem muito a ver com a bagagem cultural e com a história pessoal de cada um. Sendo assim, cada pessoa centra sua atenção em determinados aspectos da realidade desviando-se de outros. A observação além de possibilitar um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado, neste caso estudantes do ensino médio em um ambiente fisicamente alterado, é uma forma direta de perceber as emoções, sentimentos e motivações expressadas pelos visitantes frente à atividade.

Como um dos objetivos desta pesquisa foi identificar obstáculos epistemológicos, referentes ao entendimento do conceito gravidade, a partir da visitas de estudantes à Casa Maluca, os dados qualitativos foram cruciais. Assim, a pesquisa qualitativa inicialmente compreendia apenas a realização de entrevistas semi-estruturadas com alguns estudantes em suas escolas após a visita. No entanto, após o início das visitas à Casa Maluca notamos que perdíamos dados valiosos, pela impossibilidade de anotar todas as manifestações, dúvidas e comentários dos alunos. Sendo assim incluímos a

realização de gravações em áudio e vídeo durante as visitas. É importante destacar que devido à inclusão da gravação em áudio e vídeo no decorrer deste trabalho, não foi possível gravar todas as visitas. No entanto consideramos que as visitas gravadas, dezesseis visitas, foram suficientes, pois, de modo geral, não encontramos grandes disparidades entre as diversas visitas realizadas.

As gravações em áudio e vídeo favoreceram a análise dos dados, visto que durante uma visita há toda uma gama de 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 do que foi anotado durante as observações (antes e após a visita) e efetivamente respondido nos questionários aplicados (LÜDKE e ANDRÉ 1986, p. 36-7).

Dois fatores nos fazem acreditar que as gravações das visitas não influenciaram o comportamento dos alunos durante as visitas. Primeiro, o CDCC já possui inúmeras câmeras de segurança, ou seja, os visitantes do CDCC sabem que estão sendo filmados em todos os locais; e segundo, durante o entusiasmo da visita raros foram os alunos que percebem a presença de câmeras e/ou ficam incomodados com elas.

As entrevistas semi-estruturadas realizadas com alguns alunos após a visita à Casa Maluca tiveram o intuito de verificar o impacto da visita quanto a ganhos cognitivos (aprendizagem de conceitos) e afetivos (emoção, motivação em buscar mais sobre ciência)¹⁸. As entrevistas semi-estruturadas buscaram entrar em detalhes sobre o que o entrevistado respondeu nos questionários aplicados, além de aprofundar pontos oriundos

¹⁸ Destacamos que devido ao fato de muitas visitas serem de escolas de diferentes cidades do Estado de São Paulo, optamos por entrevistar apenas alguns alunos de escolas da cidade de São Carlos. O texto para as entrevistas semi-estruturadas encontra-se no anexo.

das análises das gravações, não condicionando suas respostas, mas estimulando-o a explicitar suas ideias latentes.

Enfim os dados colhidos em todas as etapas da pesquisa foram analisados à luz do referencial teórico escolhido, a epistemologia bachelardiana, com o objetivo de verificar as ideias dos estudantes sobre o conceito gravidade e como os obstáculos epistemológicos enfrentados se alteraram após a visita à Casa Maluca. Também a partir da análise dos dados, buscamos discutir a noção de um primeiro perfil epistemológico para o conceito gravidade.

5.2 Os sujeitos da pesquisa

A Casa Maluca é aberta ao público, porém não deve ser visitada sem a presença de um monitor, que geralmente é aluno do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade de São Paulo (USP). A visita tem duração média de 15 a 20 minutos e é sugerido que ocorra com grupos de no máximo cinco pessoas.

No período de março de 2008 a julho de 2009 orientamos/acompanhamos a visita de 337 alunos à Casa Maluca, com a aplicação de 128 questionários definitivos para alunos do ensino médio, aquisição de aproximadamente quatro horas de gravações em áudio e vídeo e realização de entrevistas com alguns alunos. Durante a visita buscamos não falar sobre o conceito gravidade antes que este conceito fosse mencionado pelos alunos, com intuito de não influenciar suas percepções sobre o tema.

As escolas que participaram da atividade eram provenientes de diferentes cidades do Estado de São Paulo, tais como Bebedouro, Dobrada, Ibaté, Mogi-Guaçu, Novo Horizonte e São Carlos. Devido a este fato não foi possível aplicar questionários para todas as turmas visitantes, uma vez que algumas escolas tinham horários pré-definidos

para retornarem à suas cidades de origem. Do total de visitas, aproximadamente 80% foram para alunos do terceiro ano do ensino médio, ou seja, alunos que já haviam tido contato com o conceito gravidade no âmbito escolar. As demais visitas tiveram público composto majoritariamente por alunos do primeiro e segundo ano do ensino médio.

Realizamos também visitas com graduandos, especificamente alunos dos últimos anos do curso de Física (Bacharelado e Licenciatura) da USP, *campus* São Carlos, e UNESP, *campus* Rio Claro. Os resultados e análise destas visitas fogem do escopo desta pesquisa, portanto não sendo utilizadas na identificação de obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard. Entretanto, utilizamos alguns resultados destas visitas para discutir a noção de um primeiro perfil epistemológico para o conceito gravidade.

5.3 A forma de análise dos dados

Como afirmam Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1998, p. 170) as pesquisas qualitativas geram uma enormidade de dados que devem ser analisados através de um processo continuado em que se procura identificar “dimensões, categorias, tendências, padrões, relações, desvendando-lhes o significado”. Este é um processo que implica em reduções, organização e interpretação que começa ao longo de toda a investigação. Lüdke e Menga (1986) complementam que a análise dos dados tende a ser um processo indutivo, onde o pesquisador não se preocupa em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas anteriormente.

Assim, a partir do enorme volume de dados coletados e de um *continuum* de investigação, análise e interpretação, selecionamos e analisamos mais profundamente nove visitas gravadas em áudio e vídeo, seus respectivos questionários respondidos, e algumas entrevistas de alunos destas visitas (alunos do ensino médio). Por outro lado,

quantitativamente, analisamos todos os questionários aplicados aos alunos do ensino médio nas visitas à Casa Maluca durante o período considerado.

Buscamos em nossas análises evidenciar padrões que possibilitassem identificar alguns dos obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard e posteriormente discutir um primeiro perfil epistemológico para o conceito gravidade. Neste contexto, de forma a facilitar a leitura de alguns excertos e análise dos dados das visitas selecionadas adotamos as seguintes chaves de classificação (Tabela 2):

Tabela 2: Chaves de classificação para análise dos dados das visitas selecionadas	
M = Monitor ^I	E = entrevista semi-estruturada
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 referentes às visitas selecionadas
	QQ = Questionários das 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).

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

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

[...] a tarefa de análise implica, num primeiro momento a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar tendências e padrões relevantes. Num segundo momento essas tendências e padrões são reavaliados, buscando-se relações e interferências num nível de abstração mais elevado (LÜDKE e ANDRÉ 1986, p.45).

6.1 Visitas à Casa Maluca: uma introdução

Perceber e explicar são ações que levam a uma busca incessante de significados e ideias adquiridas ao longo da vida por meio da vivência em diferentes meios socioculturais. Aqui não esperávamos uma linguagem formal e sofisticada nas respostas dos visitantes à Casa Maluca. Interessá-va-nos por identificar as ideias que tinham sobre gravidade e quais os obstáculos epistemológicos envolvidos neste processo.

No início das visitas à Casa Maluca buscamos “quebrar o gelo” e ambientar o aluno neste novo contexto físico (onde seus sentidos e percepções são profundamente questionados) perguntando se eles estão sentindo algo diferente, se há alguma coisa errada ou o que está acontecendo. Alguns de imediato 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.

Bom pessoal antes de entrar na casa eu gostaria de saber se alguém tem problemas de labirintite, tontura [...] (M).
Labirintite é aquele *barato* de ficar tonto? [...] eu não tenho não (V₁A₄G).
Então nós vamos entrar. Preparados? Se alguém não estiver se sentindo bem me fala. Tudo bem? Vamos lá (M).
Nossa! O que é isso meu (V₁A₁G).
Tá inclinando cada vez mais [...] (risadas) (V₁A₂G).

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 alguma coisa diferente? (M).
Tô indo pra lá (parte baixa da casa) Tem algo puxando ôôôu... (V₆A₄G).
Você sentiu alguma coisa te *puxando* pra cá (parte baixa da casa)? Mas o que tá te *puxando* pra cá? (M)
É... Gravidade, Força e Empuxo... (V₆A₁G).
Olha gente ela falou três palavras: Gravidade, Força e Empuxo. O que vocês acham? (M)
Gravidade puxa pra baixo (apontando para os pés) não é? (V₆A₂G).
Tá caindo [...] (V₆A₃G)

A gravidade está irregular. Não tá no ponto certo. (V₈A₃G).
A gravidade está irregular. Quem falou isso? O que você sugere? (M)
Tipo assim, o ponto de gravidade fica no meio do corpo [...] Ela não tá no meio [...] Éééé o centro de massa (V₈A₃G).
Tem alguma coisa a ver com a [...] gravidade da Terra? (V₈A₄G).

Em geral, estes são os primeiros passos das visitas à Casa Maluca. Não demora muito para os alunos trazerem à tona o termo gravidade, mesmo sem explicitarmos o assunto. De início percebemos a influência do contexto físico proposto por Falk e Dierking (2000) na percepção do conceito gravidade pelos alunos. A peculiaridade física da casa e a disposição de seus objetos levaram os alunos, logo que entraram na casa, a questionarem e tentarem buscar respostas para suas percepções do fenômeno envolvido. Assim, os alunos interagiam entre si, e em uma avalanche de ideias iam formulando questões, dúvidas, respostas..., para tentar entender o que vivenciavam dentro da casa; criando um contexto social de interações enriquecedor, raramente visto em salas de aula. É neste contexto, que iniciamos o trabalho de tentar identificar alguns obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos no entendimento do conceito gravidade.

6.2 Obstáculos epistemológicos

Iniciamos nossa análise categorizando as ideias que os alunos do ensino médio apresentaram sobre o termo gravidade (Tabela 3). Analisamos os questionários definitivos respondidos pelos participantes da atividade Casa Maluca durante o período considerado e as gravações em áudio e vídeo. Nesta análise quantitativa, optamos por deixar de fora as entrevistas semi-estruturadas. Tal opção foi motivada pelo fato de que muitos professores trabalharam o termo gravidade em sala de aula após a visita à Casa Maluca. Se por um lado este fato é positivo e muito gratificante, já que a visita auxiliou o professor em sala de aula, na educação formal, por outro, a classificação das respostas destes alunos fugiriam do pretendido por esta pesquisa: identificar os obstáculos

epistemológicos envolvidos no entendimento do conceito gravidade por meio da visita à Casa Maluca.

Tabela 3: Categorização das respostas enunciadas pelos alunos

Em física, o que você entende pelo termo gravidade?			
Categorias		(%)	Exemplos que sintetizam as ideias dos alunos
C - 01	Puxa para baixo. Força que <u>a Terra</u> exerce sobre os corpos.	41	A gravidade puxa pra baixo (apontando para os pés) (V_6A_2G) É... É difícil explicar. Ela puxa pra [...] prende na Terra [...] não deixa você flutuar (V_2A_3G). É a força que a Terra faz sobre nós [...] nos mantêm colados na Terra (QQ). Força da Terra sobre nós (QQ)
C - 02	Força de atração mútua entre os corpos	5	[...] a propriedade dos corpos de se atraírem (QQ) [...] força exercida sobre os corpos e vice-versa (V_4A_4G). Uma força que aproxima objetos (menores) ao centro de uma massa maior (Terra) (QQ).
C - 03	Relações matemáticas	8	É o Peso por Massa (QQ) [...] é a razão da força pela massa ($g = a = F/m$) (QQ).
C - 04	Força que puxa para o centro da Terra	16	Uma força que atua [...] para o centro da Terra, fazendo tudo ficar parado no chão (QQ). A gravidade puxa para o centro da Terra (V_4A_1G). A gravidade puxa as pessoas e os objetos para o centro da Terra (QQ). [...] é uma força que nos puxa ao centro da Terra e nos mantém presos a esta [...] não só nós como também todos os outros corpos presentes em sua superfície (V_8A_1G).
C - 05	Força que age <u>sobre</u> todos os corpos (sem fazer referência a atração mútua)	11	Força que age sobre os corpos [...] Sobre eles (QQ) É uma força que todos os corpos sentem na caída né? [...] (V_6A_5G). É a força que atrai todos os seres de um <i>determinado</i> espaço (QQ).
C - 06	Mistura de conceitos	9	Gravidade é uma energia que tende a puxar para baixo (QQ). [...] uma pressão puxando pra baixo (V_1A_4G)
C - 07	Outras	10	[...] o imaginário (V_4A_2G). [...] Força que desequilibra (V_1A_3G). [...] é uma força que faz as coisas terem equilíbrio (QQ).

Como já era esperado um número muito pequeno de alunos tinha o entendimento do conceito gravidade, ocorrendo uma imensa variedade de respostas, às vezes mascaradas por artifícios matemáticos, e outras vezes misturadas com outros conceitos científicos, por exemplo, gravidade é uma energia que tende a puxar para baixo; gravidade é uma pressão... Em muitas respostas percebemos a clara influencia do contexto físico da Casa Maluca nas respostas dos alunos, por exemplo: “gravidade é uma força que desequilibra” ou “gravidade é o que faz as coisas terem equilíbrio”. Aqui o aluno levado pelo contexto em que está inserido afirma que a gravidade é uma força que desequilibra, não levando em conta o aspecto vetorial da gravidade. Este fato torna-se mais evidente com a fala de alguns alunos que dizem que a gravidade fora da casa atua de forma diferente “[...] lá fora tem a gravidade zero [...] aqui ela tá *puxando*” (V₄A₁G).

6.2.1 A experiência primeira e o realismo ingênuo

É possível notar a partir da tabela 3 que a maioria dos alunos traz uma grande influência do senso comum na sua compreensão do conceito gravidade. Em alguns casos inclusive ocorre uma confusão de conceitos. A maior parte dos alunos explica a gravidade como algo que “tende a puxar para baixo” uma “força pertencente à Terra”. Tal generalização constitui-se um obstáculo epistemológico do tipo experiência primeira, que apesar de facilitar momentaneamente o entendimento do conceito acaba por bloquear o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade¹⁹.

¹⁹ Como veremos mais adiante, a gravidade interpretada como algo que tende a puxar para baixo, também traduz um caráter animista de sua interpretação. Bachelard, em sua obra *A filosofia do não* ao introduzir a noção de perfil epistemológico revela uma íntima relação entre o animismo, a experiência primeira e o realismo ingênuo. Assim, o autor ao tecer a primeira zona de perfil epistemológico (realismo ingênuo) para os conceitos de massa e energia, engloba também os obstáculos experiência primeira e animismo.

A experiência primeira também se apresenta como obstáculo epistemológico para o correto entendimento da atração mútua entre os corpos. Percebemos pela tabela 3 que muitos alunos acreditavam que a Terra atrai os objetos, mas que o contrário não faz sentido. Acreditamos que por ser imperceptível aos sentidos, a ideia de atração gravitacional mútua entre os corpos seja de difícil acesso para os estudantes: “[...] a Terra atrai os corpos, mas os corpos [...] menores, não atraem a Terra (V_1A_4G)”. É interessante notar que Johannes Kepler (1571 - 1630) já debatia tais ideias com afirmações do tipo: Se a Terra cessasse de atrair as águas do mar, os mares se ergueriam e iriam ter à Lua²⁰.

Em diversos momentos, durante as visitas à Casa Maluca, notamos que para muitos alunos um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional, para estes um pássaro, um avião voando ou um astronauta nas proximidades da Terra não estão sob ação da gravidade. Neste contexto, a inclinação de 15° da Casa Maluca, juntamente com a disposição dos objetos foi decisiva para trabalhar esta questão com os alunos. A particularidade física da Casa Maluca possibilitou, por meio da realização de algumas atividades e interação entre os alunos, problematizar algumas das ideias de senso comum trazidas por eles a respeito do conceito gravidade. Por exemplo, com a atividade 4 (Segurando o taco de sinuca) foi possível trabalhar mais a fundo tais ideias expressas pelos alunos.

Ao segurar o taco em suas extremidades e em seguida soltar a extremidade de baixo, naturalmente o taco não se alinha perpendicularmente ao piso da casa, ou seja, o taco fica inclinado de 15° para um observador de dentro da casa, perpendicular ao piso

²⁰ Leis de Kepler: Os caminhos dos Planetas. **Super Interessante** (online), Edição 26, Nov. 1989. Disponível em: <<http://origin.super.abril.com.br/tecnologia/leis-kepler-caminhos-planetas-439225.shtml>>. Acesso em: 07 Fev. 2010.

externo. Esta atividade foi um chamariz para mostrar que a gravidade atua mesmo quando não estamos em contato com o solo e também quando não a percebemos.

Retomando os contextos de aprendizagem propostos por Falk e Dierking (2000), o contexto físico da casa cria um impacto no imaginário do aluno que instiga e favorece muito a sua compreensão, ou no mínimo a problematização do assunto tratado, e gera entre os alunos um ambiente enriquecedor para a partilha, troca de informações e discussões (contexto sociocultural).

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! ($V_9A_2A_3G$)
Não? Bom então tá [...] Olhem só o taco, eu vou segurar ele bem na pontinha. Olha! Eu não estou fazendo força nenhuma, eu vou soltar (está perpendicular a Casa). Ela 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)

Notamos que a interação com os demais visitantes, com os professores e a equipe de monitores do CDCC, por meio de comentários e discussões propiciou um ambiente social agradável e descontraído para ‘partilhar’ conhecimentos, característica bastante comum em espaços de educação não formal.

Com a experiência do taco de sinuca, diversas questões em diferentes visitas foram sendo levantadas. Dentre elas, nos surpreendeu a afirmação de alguns alunos da não percepção da gravidade no ambiente externo à Casa Maluca. Mais interessante ainda é a afirmação de que a gravidade age de forma diferente em inclinações e planos, evidenciando novamente uma ação pouco pensada - substituição do conhecimento pela admiração (neste caso o taco de sinuca).

Quem pode me explicar o que está acontecendo aqui? (atividade 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).

Em algumas discussões muitos alunos apresentaram uma visão ingênua com relação ao tamanho dos objetos e gravidade. Muitos alunos consideravam que o fato de um objeto ser grande implicava em possuir mais massa, em comparação a um objeto pequeno. Este fato nos remete à colocação de Bachelard quando da construção de seu perfil epistemológico para o conceito massa, onde afirma que a primeira contradição é o conhecimento primeiro associando-se o grande ao pesado. Com relação à gravidade é com esta ideia errônea, que muitos afirmavam que objetos grandes atraem pequenos. Porém apesar de terem uma noção *implícita* de atração entre os corpos, afirmando que grandes massas atraem pequenas, não conseguem imaginar o contrário, ficando prisioneiros de uma visão ingênua, onde não há espaço para a noção da ‘ação e reação’.

Vocês acham que um objeto atrai a Terra também ou não? (M)
[...] a Terra atrai os corpos, mas os corpos [...] menores, não atraem a Terra (V_1A_4G)

[...] Um pássaro quando está voando [...] ele está atraindo a Terra? (M)
Não. Porque ele é muito pequeno em relação à Terra (V_8A_4G)
Ele fica preso na Terra porque então? (M)
Porque a Terra é maior do que o corpo (V_8A_4G)

Eu acho que é por causa do tamanho dela. É... Não é? (V_3A_5G)

A ideia de atração mútua entre os corpos é de difícil acesso para os estudantes, uma vez que sua ‘não percepção’ contraria o senso comum. Assim, a experiência primeira associada ao realismo ingênuo torna-se um considerável obstáculo que dificulta a compreensão do princípio de atração mútua entre os corpos. Os alunos na ânsia de explicarem acabam por expor ideias de forma pouco pensada, baseadas no senso comum, abordando fenômenos complexos como se fossem simples. Neste contexto,

compartilhamos com Martins et al. (1999) que explicações baseadas no senso comum frequentemente não encontram paralelo na visão aceita pelos cientistas.

[...] parte da dificuldade na explicação de conceitos científicos advém do fato de que aprender ciências envolve não só alargar os horizontes da percepção e adquirir novos conhecimentos e informações, mas, principalmente, passar a conceber o mundo físico de forma diferente e vislumbrar outras dimensões da relação entre o homem e a natureza [...] (MARTINS et al. 1999, p. 1).

Segundo Bachelard (1996) é possível minimizar e até mesmo retificar as experiências primeiras, para isso o professor deve passar (no sentido de continuar a explicar e desmistificar) da experiência para a sala de aula, de modo a evitar as satisfações primeiras. Consideramos que a Casa Maluca, com seu contexto físico e diálogos que ocorrem entre os visitantes durante as atividades desenvolvidas, pode servir de subsídio para ações do professor na tarefa de explicar, mostrar e até mesmo desmistificar aspectos relacionados ao conceito gravidade advindas do senso comum.

Após a visita à Casa Maluca são apresentadas aos alunos sete situações seguidas da questão, **em quais casos a gravidade atua e qual sua direção?** (Figura 13).

Figura 13: Em quais casos a gravidade atua e qual a sua direção?

O que chama a atenção nesta questão é o fato de que a maioria dos alunos acredita que a atuação da gravidade restringe-se à região próxima da superfície da Terra. Assim, 62% não acreditam que a gravidade atua sobre um avião em vôo e ainda 96% dos alunos afirmaram que um astronauta no espaço não está sob ação da gravidade: “[...] não tem (gravidade). Claro que não! É um vácuo” (V₇A₁E). Estudos anteriores mostraram que os alunos muitas vezes consideram a atmosfera terrestre como a causa e limite da gravidade (NARDI e CARVALHO 1996) e pensam que como no espaço não há atmosfera, não haverá gravidade (WATTS 1982).

Figura 14: Comentário de uma aluna referente à figura 13.²¹

Entendemos que tal concepção esteja associada ao obstáculo epistemológico que Bachelard chama de realismo ingênuo. O realismo ingênuo encontra-se impregnado no inconsciente, dificulta a abstração e é diretamente associado ao conhecimento comum ou à noção do real. Talvez fosse possível considerar a gravidade para muitos alunos como algo subjetivo, partindo diretamente das observações particulares e imediatas, onde os alunos acabam por transpor valores inconscientes para o mundo objetivo. O realismo ingênuo, associado à noção de real, se torna mais evidente quando constatamos que

²¹ 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”.

muitos alunos aceitam que a gravidade atua sobre objetos que estão sobre, ou próximo da superfície terrestre (Gráfico 2).

* Dados referentes à aplicação de 128 questionários definitivos para alunos do ensino médio.

Durante as visitas à Casa Maluca, 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 ao mesmo tempo 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, ocorrendo muitas vezes mistura de conceitos.

Quanto à segunda parte da questão, **e qual a sua direção?** houve uma variedade imensa de respostas, evidenciando a dificuldade da maioria dos alunos em entender e trabalhar com o caráter vetorial da gravidade. Cabe destacar que esta variedade de respostas ocorreu em praticamente todas as visitas, independente da escolaridade, série, idade, condição social... Por outro lado, notamos também que alguns alunos falavam ou citavam a questão vetorial da gravidade durante as visitas, o que nos remete a associar tal postura ao contexto pessoal deste aluno. O contexto pessoal é o ponto de partida, ou

seja, cada um chega para a visita com uma bagagem intelectual, social, e cultural única, o que faz com que cada visitante centre mais atenção em determinados aspectos da visita em detrimento de outros.

Neste contexto, a interpolação do contexto físico da Casa Maluca com o contexto pessoal leva cada visitante a se posicionar, ter a percepção e explicitar suas ideias de forma muito particular.

Em meio às dificuldades apresentadas pelos alunos no entendimento do caráter vetorial da gravidade, vemos a visita à Casa Maluca como uma oportunidade, no mínimo interessante, para os professores trabalharem esta questão com seus alunos. Por exemplo, durante as diversas atividades desenvolvidas na casa, o professor pode mostrar para o aluno a relação existente entre o conceito gravidade e a dificuldade em andar pela casa rapidamente e ao mesmo tempo equilibrar-se; levantar-se da cadeira sem o auxílio das mãos; olhar para o espelho e tentar posicionar sua imagem verticalmente com o mesmo (percepção da vertical), etc. Neste sentido, entendemos que a visita à Casa Maluca possibilita ao professor trabalhar com os alunos diversas questões, como: a decomposição da força peso, a física do plano inclinado, o referencial adotado..., e extrapolando, o professor pode fazer também uma abordagem fundamentada na neurobiologia (visão, sensação, percepção), nas relações de ângulos da matemática, entre outras.

Em vários momentos durante as visitas nos deparamos com achados que evidenciaram conhecimento parcialmente tecidos por uma mistura de obstáculos, por exemplo, realismo ingênuo e substancialismo (estabelecendo diferentes adjetivos para a gravidade). Este fato se torna mais evidente ao constataremos que para muitos alunos a ação da gravidade não é a mesma em todas as regiões da casa (e também fora dela). A

realização da atividade 1 (levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos) e os comentários dos alunos durante a visita revelam esta constatação:

[...] se a cadeira estivesse aqui um pouco mais pra cima (dentro da casa e na mesma inclinação) iria ser mais fácil de levantar? (M)

Ah... Acho que sim [...] é o ponto mais baixo, acho que a gravidade também puxa mais [...] (V₆A₁G)

Aqui a gravidade é maior... Tá puxando (V₉A₂G)

Ééé tá puxando (apontando para baixo) (V₉A₁G)

Não... É que depende do local... A posição que você tá... a força gravitacional em você é diferente. Se estiver ali (apontando para a parte de cima da casa) é bem menor do que aqui (apontando para parte de baixo da casa) (V₁A₂G).

A gravidade tá maior? Vocês acham que a gravidade é maior aqui dentro da casa ou lá fora? (M)

Aqui dentro (V₉A₁A₃A₄G)

Aqui porque tá entortado né (V₉A₃G)

Em muitas visitas os alunos falavam e/ou gesticulavam sobre a parte “de cima” ou “de baixo” da casa, sendo assim antes de continuar estas análises, para um melhor entendimento dos dados, optamos por considerar as indicações descritas na figura a seguir (Figura 15), onde: o ponto ‘A’ representa a parte “de cima” da casa e o ponto ‘B’ a parte “de baixo”. É importante reiterar que alguns objetos que fazem parte da Casa Maluca têm a função de fortalecer a imagem de que o visitante ao entrar na casa está em um plano horizontal, dentre eles destacamos o relógio de parede, as prateleiras e os livros, a bica d’água, a roda d’água e os lustres do teto.

Figura 15: O ponto ‘A’ representa a parte “de cima” da casa e o ponto ‘B’ a parte “de baixo”

Para muitos alunos a gravidade vai diminuindo à medida que caminhamos de ‘B’ para ‘A’, ou seja, convertem sem maiores questionamentos suas percepções em certeza absoluta de verdade. Cabe destacar que, em geral, os alunos que participaram das visitas já haviam tido contato com o conceito gravidade em sala de aula e mesmo assim ao serem indagados sobre o conceito gravidade relacionavam a pequena diferença de altura entre as posições dentro da casa com a intensidade da gravidade, caracterizando o realismo ingênuo.

Este fato pode ser trabalhado com os alunos a partir de uma situação muito simples do cotidiano: uma rua inclinada. Discutimos e relacionamos com a visita à Casa Maluca o fato de que em uma ladeira mesmo tendo uma inclinação semelhante, ou até superior a da casa, não notamos percepções acentuadas como no caso da visita à Casa Maluca.

Então eu vou jogar um pergunta no ar. 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 (V_6A_3G)

Não... A gente sente uma força mais não tão grande... Tem alguma coisa a mais nesta casa? (V_8A_1G)

Na ladeira não tem esta força puxando pra lá (parte de baixo da casa) (V_4A_2G).

Na ladeira não atua a gravidade? (M)

Tem. Mais aqui tem uma força muito maior (V_4A_2G).

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

Lá fora tem a gravidade zero [...] Aqui ela tá puxando (V_4A_1G).

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. Como afirma Bachelard, o realismo ingênuo está intimamente ligado à experiência primeira, assim, 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.

6.2.2 *Animismo*

O obstáculo epistemológico animismo pode ser entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. São inúmeras as colocações animistas em ciências, por exemplo, na repulsão elétrica fala-se em “um não gostar do outro” (BACHELARD 1996), e no caso da gravidade é comum dizer que a Terra “segura e puxa para baixo”. A presença do realismo ingênuo associado ao animismo, busca sempre simplificar a vida do aluno, no entanto acaba por dificultar futuras racionalizações.

Em diversos momentos durante as visitas à Casa Maluca expressões animistas da gravidade apareceram nas palavras dos estudantes. Observamos nas falas, atitudes e gestos dos alunos ideias da gravidade como se ela fosse possuidora de características de seres animados (como se realmente a gravidade estivesse segurando, puxando, empurrando... algo). Por exemplo, na atividade 5 (Saindo da Casa Maluca) pedimos para

que os alunos caminhassem rapidamente em direção à saída e no instante em que saíssem da casa falassem sobre o que estavam vivenciando.

Vamos sair agora e eu quero que vocês caminhem rapidamente em direção à porta. Assim que vocês passarem da porta, ou seja, colocarem os pés lá fora me digam se vocês sentem alguma força puxando vocês para este lado (parte baixa da casa) [...] (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, que saco... (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)

A sensação do ambiente fechado gerando o conflito entre o que se vê e o que é percebido pelo labirinto desaparece em instantes no momento em que se passa para o lado de fora da casa, mesmo com a saída possuindo uma rampa de acesso com a mesma inclinação da casa. Em outros momentos da visita à Casa Maluca também foi possível detectar características animistas nas explicações dos alunos em relação ao conceito gravidade, por exemplo, na atividade 1 (levantando da cadeira sem o auxílio das mãos): “[...] O que vocês estão sentindo (tentando levantar da cadeira) (M)?” “Alguém me segurando no chão [...] pra lá (parte de baixo da Casa)” (V₇A₁G).

Em relação a este aspecto, podemos afirmar que esta atividade ilustra muito bem a influência do contexto físico proposto por Falk e Dierking (2000) na aprendizagem em centros de ciências. Durante a visita percebemos que a inclinação de 15° da Casa Maluca, 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 profundamente questionadas

O obstáculo animista constitui uma grande dificuldade à apropriação dos conceitos científicos, pois ao se mostrar natural seduz a razão e acaba por satisfazer o “espírito pré-científico”. Esta atividade realizada ao final da visita com os alunos deixa um gostinho de quero mais no ar. Muitos alunos se vêem vislumbrados e passam a socializar com os amigos o que acabaram de vivenciar afirmando quererem repetir a visita em outros momentos, seja com familiares, amigos ou com a própria escola.

6.2.3 O obstáculo verbal

Como afirma Bachelard (1996), o obstáculo verbal pode ser entendido como uma falsa explicação obtida a partir de uma única palavra explicativa (palavra obstáculo). Como não poderia ser diferente, notamos que a gravidade fez brilhantemente o papel da palavra obstáculo no presente trabalho de pesquisa, evidenciando a enraizada presença do obstáculo verbal nas 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. Este achado corrobora pesquisas realizadas por Leboeuf e Borges (2002) com alunos de ensino fundamental e médio, onde relatam que muitos alunos empregam a palavra gravidade como se ela fosse por si só uma explicação. Os autores 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.

O termo gravidade como explicação apareceu durante todas as atividades realizadas na Casa Maluca, o que a nosso ver evidencia que o assunto é pouco explorado, ou explorado de forma inadequada nas escolas. Acreditamos que tal fato esteja associado ao obstáculo verbal, onde a simples palavra gravidade parece conter todo o princípio

explicativo do conceito. Na atividade 1, por exemplo, vários alunos atribuíram à gravidade a dificuldade em se levantar, evidenciando que para estes a gravidade por si só é a causa e explicação para a dificuldade se levantar. Neste caso, apesar de alguns poucos alunos também mencionarem e associarem a inclinação da casa com a dificuldade em se levantar, não citavam a relacionavam com a decomposição da força peso.

(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 2006a).

6.2.4 Substancialismo

Outro achado que chamou nossa atenção foi a confusão que alguns alunos fazem entre diferentes conceitos, por exemplo, conceito de pressão e gravidade. Muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade ‘pressionadora’ dos corpos na Terra. Pesquisas que tinham como local de estudo o ambiente formal de educação já haviam constatado resultados similares aos nossos: “(gravidade é) uma pressão que puxa para baixo” (MINSTRELL 1982); “[...] a pressão; ela te apóia, ela te segura” (LEBOEUF e 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.

O que vocês estão sentindo? (os alunos tentando levantar da cadeira) (M)
Uma pressão (V_7A_1G)
Uma pressão do ar? Como assim? (M)
Um peso [...] Contra a gente [...] Contra a nossa vontade (V_7A_3G)

Não é pressão? (V_2A_3G).

A força da gravidade [...] é da pressão [...] tá empurrando pra lá (parte de baixo da casa) (V_8A_2G)

Como afirma Bachelard, no substancialismo também é comum o acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo. Neste sentido, como já citado anteriormente, é que para muitos alunos a gravidade carrega vários adjetivos (forte, rápida e intensa), atuando com intensidade diferente em variados pontos e 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 freqüentemente os estudantes têm concepções múltiplas na ciência, aplicando uma concepção a um problema e outra diante de outro problema relacionado. Assim corroborando com as pesquisas de Palmer (2001), destacamos que 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

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

E aqui na água (queda do filete d'água com inclinação de 15° em relação ao piso da casa e perpendicular ao piso externo a casa) o que vocês acham que está acontecendo?

A gravidade que “ela” falou que puxa pra baixo e pro lado (V_1A_3G).

Acho que não (V_1A_3G).

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

Eu não sei. Eu não sei mesmo [...] Mesmo, mesmo. Eu não sei aqui (V_1A_4G).

Não sei. A gravidade do ar? (V_1A_3G).

Ééé... Empuxo (V_9A_3G).

É a força potencial gravitacional, não é? (V_5A_2G).

Muitos alunos afirmaram ainda que um peixe em um aquário (e também no fundo do mar) não está sob a ação da gravidade (Gráfico 2), 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 (apresentada com um caráter animista) acaba por estabelecer duas direções para a gravidade, ou seja, a gravidade além de agir para baixo; age também para o lado (no sentido da queda do filete d'água).

Como afirma Bachelard (1996), outra característica do substancialismo é a ideia de que alguma substância, alguma coisa, facilita ou permite a ocorrência de determinado fenômeno. Este tipo de explicação foi comum no século XVIII com a introdução de diferentes fluidos, por exemplo: o fluido elétrico e a teoria do calórico. Neste contexto o substancialismo traz uma idéia de gravidade mediada por alguma substância que facilita ou permita que o fenômeno ocorra.

Na atividade 2 (Bola que “sobe” um plano inclinado), 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 estava

ocorrendo era algo como um truque. Cabe destacar que são características do substancialismo explicações breves e decisivas, derivadas da intuição direta.

Se eu colocar uma bolinha no meio desta mesa para onde ela vai? (M)
Pra lugar nenhum porque a mesa está reta (V_7A_2G)
Eu acho que [...] ela vai prá cá (parte de baixo da mesa, ou seja, subindo no sentido do piso da casa) (V_7A_4G)

[...] Tem um imã puxando pra lá (parte de cima da mesa, ou seja, descendo no sentido do piso da casa) (V_4A_1G).
É uma pressão pra cá (apontando para perpendicular em relação ao plano da mesa) [...] e um imã puxando (apontando para parte baixa da casa) (V_7A_4G).

No contexto apresentado, para um melhor entendimento das ideias dos alunos, talvez fosse necessário analisar mais a fundo o que eles entendem por força magnética, suas percepções dos fenômenos magnéticos, etc. Assim seria possível entender melhor 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 um novo projeto de pesquisa, o qual demandaria tempo e uma estruturação própria, o que de certa forma fugiria do escopo deste trabalho de 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.

A ideia de que os fenômenos são intermediados por substâncias são entraves para futuros progressos do pensamento científico. Como alerta Bachelard, devemos ficar atentos, pois o espírito pré-científico através de uma explicação imediata pode abafar as perguntas com resposta substanciais e extinguir a busca científica.

Em nossa análise constatamos também que muitos alunos apresentam paralelismo com o pensamento aristotélico, especificamente quanto ao fato da queda de objetos pesados e leves. Este achado corrobora alguns trabalhos anteriores, os quais, entre outras coisas relatam que muitos estudantes acreditam que objetos mais pesados caem mais rapidamente (CHAMPAGNE et al. 1980) e ainda acreditam que a queda dos objetos é

um movimento natural que não requer força de nenhum tipo (HALLOUN e HESTENES 1985).

[...] a física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências, mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda como está de acordo muito mais do que a de Galileu com o senso comum e a experiência cotidiana. (KOYRÉ apud PEDUZZI 1996, p. 49)

Neste contexto, compartilhamos com Hülsendeger (2004) de que não se deve estranhar que os alunos ainda carreguem as mesmas respostas à queda dos corpos enunciadas por Aristóteles, uma vez que estamos acostumados a aceitar o mundo como ele se apresenta diante dos nossos sentidos, e raramente questionamos os fenômenos cotidianos.

Até aqui apresentamos e discutimos os obstáculos epistemológicos, referentes ao conceito gravidade, identificados durante as visitas de alunos de ensino médio à Casa Maluca. Enfim, se por um lado o espaço fisicamente modificado da casa possibilitou a problematização das ideias dos alunos sobre o conceito gravidade e motivou à participação, envolvimento e discussão dos alunos durante as atividades, por outro, considerar os contextos pessoal e sociocultural possibilitou a nós um novo olhar sobre as relações que ocorrem em um espaço de educação não formal, como o CDCC/USP e por extensão a Casa Maluca.

Neste sentido é que sugerimos aos professores, monitores e outros mediadores em visitas à centros de ciências que durante as visitas atentem não apenas para a estrutura física dos objetos e exposições, mas também para o contexto pessoal e sociocultural dos visitantes, pois a bagagem que trazem, bem como as interações que realizam, proporcionam momentos enriquecedores para o processo de construção do conhecimento.

6.3 Motivações

É muito comum após as visitas à Casa Maluca, os estudantes solicitarem explicações acerca de sua construção e de seus objetos. Somados a isso, cerca de 90% dos alunos, apesar de nunca terem visitado o CDCC/USP, demonstraram grande entusiasmo em retornar à Casa Maluca, seja com a escola, com a família ou com os amigos, deixando claro o caráter motivador da atividade. Também é muito frequente os alunos explicitarem o desejo de retornar à casa e conduzir (acompanhados de um monitor) a visita de amigos e/ou familiares, o que nos remete novamente pensar e refletir sobre alguns aspectos desta atividade, por exemplo, seu caráter motivador, de aprendizagem e até mesmo lúdico.

Este fato corrobora com estudos de Griffin (2004) que relatam o fato de muitos estudantes preferirem fazer a visita aos museus e centros de ciências com seus familiares ao invés de fazê-la com sua escola. Segundo a autora uma das razões é a justificativa de que eles acreditam serem mais agradáveis as visitas com seus familiares, uma vez que “as suas relações pessoais dentro do grupo são limitadas, há diferentes expectativas, e muitas restrições lhes são colocadas sobre seus próprios movimentos” (GRIFFIN 2004, p. 67). Somado a este fato, muitos alunos se comportam de forma tímida quando em grupos escolares, assim, talvez por não se sentirem seguros, acabam por não expressar suas ideias e/ou dúvidas sobre o que está sendo vivenciado.

A visita a um centro de ciências estimula os estudantes a promoverem novas conexões entre a ciência e o cotidiano, além de motivá-los a pensar mais sobre o tema trabalhado e suas implicações no cotidiano (MARANDINO et al. 2003; COLOMBO et al. 2009, entre outros). Partilhamos das ideias de Marandino (2008) de que, sob a óptica educativa, os centros de ciências têm como uma de suas principais funções permitir aos

visitantes tornarem-se sujeitos de sua educação, sendo, portanto, espaços educativos complementares à educação formal.

Durante a realização de entrevistas semi-estruturadas, percebemos que a visita à Casa Maluca favoreceu para que os alunos percebessem manifestações da gravidade que normalmente não notam cotidianamente e também auxiliou o trabalho do professor no ensino deste conceito. Os excertos que se seguem deixam claro que o conceito gravidade foi trabalhado em sala de aula pelos professores após as visitas à Casa Maluca.

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 a 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)

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)

Percebemos manifestação de ideias que até então não haviam aparecido durante as visitas como: atração mútua entre os corpos e referencial adotado. O que nos leva a concluir que a visita à Casa Maluca é no mínimo motivadora para a contextualização e continuidade dos trabalhos relacionados ao conceito gravidade 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.

Após algumas visitas constatamos, a partir de conversar informais com alguns professores que frequentam periodicamente o CDCC, que a Casa Maluca ficou marcada na memória de muitos estudantes e também os auxiliou nas discussões em sala de aula sobre o conceito gravidade. Este fato nos remete à 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, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro.

6.4 Discussões de um primeiro perfil epistemológico

As noções de obstáculos e perfil epistemológico estão intimamente ligadas. A noção de perfil epistemológico pode ser entendida como os diferentes níveis de compreensão que um determinado conceito sofreu durante seu desenvolvimento histórico, e ainda as diferentes formas que as pessoas apresentam para entender e representar a realidade que os cercam (SOUZA FILHO et al. 2008).

Aqui pretendemos discutir, de forma breve, um primeiro perfil epistemológico para o conceito gravidade tendo como base a análise das visitas à Casa Maluca. Tomamos como base para nossas discussões as zonas de perfil proposta pela epistemologia

bachelardiana. Deste modo consideramos quatro zonas de perfil: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo clássico e ultra-racionalismo²².

A primeira zona do perfil pode ser caracterizada por explicações sem conexões com os conceitos científicos, onde o realismo ingênuo muitas vezes se confunde com pensamentos de senso comum. O realismo ingênuo tem como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza de verdade, assim o pensamento realista é marcado por valorizações inconscientes e subjetivas. A segunda zona do perfil (empirismo claro e positivista) ultrapassa a realidade primeira. A busca por respostas para os diferentes questionamentos pode ocorrer por meio de manipulação de objetos e experimentos simples “os quais nem sempre apresentam soluções plausíveis devido aos vários fatores envolvidos e não considerados” (SOUZA FILHO et al. 2008). Na terceira zona do perfil epistemológico (racionalismo clássico), a interpretação de conceitos passa a fazer parte de relações racionais, o entendimento dos conceitos estudados passa a ser fruto da razão, sendo em muitos casos expresso por meio de construções matemáticas. Enfim, na última zona de perfil (ultra-racionalismo), a definição e discussões de qualquer conceito se tornam mais complexas e mais racionais. Antes de se fazer algumas considerações a respeito de um primeiro perfil epistemológico para o conceito gravidade é necessário considerar que:

- É extremamente difícil, quiçá impossível, estabelecer uma linha divisória entre as zonas de perfil para qualquer conceito;

²² Não temos a pretensão de fazer uma pesquisa histórica sobre o desenvolvimento do conceito gravidade. Ressaltamos que as interpretações de um determinado conceito são construídas ao longo da história a partir de muitos estudos e pessoas, portanto, em geral, a ideia de um determinado cientista/filósofo traz implícita inúmeras contribuições de sua construção.

- À medida que se percorre um perfil epistemológico, a definição para o conceito vai se tornando mais complexo e mais racional: “[...] caminha no sentido de uma coerência racional” (BACHELARD 1991 p. 21);
- Por ser fortemente influenciado pela cultura e sociedade, definimos um perfil epistemológico como um sistema de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura.

A seguir discutimos algumas das ideias identificadas frente ao conceito gravidade durante as visitas à Casa Maluca (Tabela 4).

Tabela 4: Algumas visões/ideias sobre o conceito gravidade	
Zonas do perfil	Ideias dos alunos
Realismo ingênuo (englobando a Experiência primeira e o Animismo)	<ul style="list-style-type: none"> - Objetos pesados caem primeiro (mais rapidamente) do que objetos leves. - Gravidade age (puxa) para baixo. - Um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional
Empirismo claro e positivista	<ul style="list-style-type: none"> - Na mesa de sinuca, a bolinha é atraída devido à presença de um ímã que a puxava. Um <i>Truque</i>, que pode esconder a noção errônea da queda dos corpos intermediada por forças magnéticas. - Um objeto qualquer, por exemplo, uma pedra ou um pássaro atrai a Terra com uma força menor do que é atraído pela Terra. - Gravidade é a força exercida sobre os corpos e vice-versa. Uma força que aproxima objetos (menores) ao centro de uma massa maior.
Racionalismo clássico da mecânica racional	<ul style="list-style-type: none"> - Gravidade como sendo a razão do Peso pela Massa ($g = P / m$) - Gravidade como sendo a razão da força pela massa e igual a (representando aceleração; $g = a = F / m$) - Força exercida sobre os corpos e vice-versa (atração mútua)
Ultra-racionalismo**	<ul style="list-style-type: none"> - Visão mais contemporânea - Curvatura do espaço-tempo

** Este último perfil refere-se às ideias de alunos dos últimos anos do curso de Física (Bacharelado e Licenciatura) da USP *campus* São Carlos, e UNESP *campus* Rio Claro durante as visitas à Casa Maluca. Na continuação do texto falaremos mais a respeito desta zona de perfil.

Iniciamos nossa discussão com a apreciação realista ingênua do conceito gravidade. A pedra cai como se buscasse incessantemente o chão, que é seu lugar natural. Assim o realismo ingênuo aparece associado à experiência primeira (satisfação imediata) e ao animismo (atribuição de característica de seres vivos aos mais variados fenômenos) e corresponde em geral às concepções de senso comum das pessoas. O realismo ingênuo pode ser entendido como resultante de uma educação deficitária, do pouco raciocínio sobre a questão, valorizações inconscientes e subjetivas, da conversão do real imediato em certeza de verdade e também da acomodação trazida pelo aluno desde os primeiros

anos da Educação Básica. Se por um lado devemos reconhecer a importância atribuída à noção realista da gravidade, uma vez que ela é formada por aquilo que nossos sentidos nos mostram, por outro, devemos questionar esta noção, uma vez que ela é entrave ao conhecimento científico e a futuras racionalizações. É bastante comum a influência do modelo aristotélico para queda dos corpos, baseando-se na ideia de que os corpos têm a finalidade causal de tenderem para o seu lugar natural.

Em relação à segunda zona de perfil, notamos que muitos alunos durante a visita à Casa Maluca, falaram na presença de imãs, o qual seria responsável, por exemplo, pelo movimento da bolinha em cima da mesa de sinuca, para estes um truque. É importante destacar que a ideia de truque, enunciada pelos alunos ‘pode’ esconder a noção da queda dos corpos intermediada através de forças magnéticas. Willian Gilbert (1540-1603) tentou explicar o movimento dos astros e a queda dos corpos através de ideias de força magnética - a Terra era interpretada como um grande imã. Aqui reiteramos que para um melhor entendimento das ideias destes alunos, talvez fosse necessário investigar mais a fundo, até mesmo por meio de um projeto de pesquisa, as ideias que estes alunos têm sobre fenômenos magnéticos. Com isso entendemos que seria possível compreender melhor a associação que fazem entre os fenômenos magnéticos e o conceito gravidade. Também para muitos alunos um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional, afirmam assim, por exemplo, que a gravidade não atua em um pássaro voando e um astronauta no espaço. Com as manipulações de objetos e realização de experiências simples, por exemplo, segurando o taco de sinuca as ideias apresentadas pelos alunos foram sendo profundamente checadas e problematizadas.

Na terceira zona de perfil, em Isaac Newton (1642 - 1727), as representações expressam relações matemáticas para a gravidade (racionalismo clássico). Durante as visitas à Casa Maluca alguns alunos utilizaram mecanicamente equações para explicar o

que estão vivenciando. Para estes a gravidade entendida por meio de uma relação matemática é uma explicação simples e suficiente. Diríamos que, se por um lado a matematização facilita a interpretação, por outro, pode se tornar um obstáculo no entendimento científico uma vez que seu uso torna a lei da queda dos corpos tão clara que dificilmente levanta-se o interesse por questionamentos. Assim o aluno achando que explica tudo, acaba por não explicar nada.

Durante a nossa análise percebemos que explicações mais contemporâneas sobre o conceito gravidade não apareciam nas falas dos alunos de ensino médio, o que de certa forma já era esperado, visto que se trata de alunos que não estudaram o conceito gravidade com uma visão contemporânea da ciência. Com esta constatação, de modo a verificar a possibilidade de completar nosso perfil epistemológico, realizamos algumas visitas com alunos do ensino superior, especificamente do curso de Física (Bacharelado e Licenciatura) da USP *campus* São Carlos e UNESP *campus* Rio Claro. A análise dos dados permitiu incluir em nossa discussão mais uma zona de perfil (linha tracejada da tabela) evidenciando visões contemporâneas para a explicação do conceito gravidade, baseadas nas teorias de Albert Einstein. Em Einstein, a utilização de uma “nova geometria” muitíssimo distante do senso comum amplia as abstrações e racionalizações humanas tornando-se ultra-racional.

Apesar da inclusão de mais uma zona de perfil, durante a análise dos resultados, alguns pontos nos chamaram a atenção. Mesmo tendo um nível de instrução superior aos demais visitantes, alguns erros se repetiam. Muitos destes alunos acreditavam que um astronauta no espaço (nas proximidades da Terra) e um peixe no fundo do mar não estão sob a ação da força gravitacional. Alguns alunos consideravam ainda a palavra gravidade como a explicação da queda, ou seja, para estes a palavra gravidade carrega

consigo a explicação da queda dos corpos, esquecendo-se do conceito de atração mútua entre os corpos. Desta forma continuaria a ser uma palavra obstáculo.

Acreditamos que uma das justificativas possíveis para tal fato se deve ao sistema de escolarização formal empregada em todos os níveis de ensino, que apesar de ensinar os alunos a resolverem problemas com alto grau de dificuldade e complexidade, não os leva a pensar sobre o conceito envolvido. Este fato se torna claro quando os alunos respondem à questão “o que é gravidade?” com ideias contemporâneas e, ao mesmo tempo não sabem aplicá-las em questões concretas, por exemplo, um astronauta no espaço. Neste contexto compartilhamos com Bachelard (1991, p. 48) a ideia de que “[...] um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar”.

Muitas vezes os alunos não são questionados sobre o entendimento de conceitos ao longo da sua escolarização, particularmente os da física, por isso acabam carregando ideias de senso comum e equiparando-se a alunos com um grau de instrução muito menor. Tal achado corrobora com estudos anteriores, por exemplo, Gönen (2008) pesquisando alunos de graduação, professores recém formados e professores em exercício e Kavanagh e Sneider (2007), que apontaram vários estudos que evidenciam o fato de que alunos com conhecimentos formais em ciência tendem a usar um vocabulário mais sofisticado, porém os tipos de erros de raciocínio que fazem são similares aos erros cometidos por alunos mais novos.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para termos alguma garantia de termos a mesma opinião acerca de uma ideia particular, é preciso pelo menos que tenhamos tido sobre ela opiniões diferentes. Se dois homens se querem entender verdadeiramente, têm primeiro que se contradizer. A verdade é filha da discussão e não filha da simpatia (BACHELARD 1991, p. 125).

Há vários autores que pesquisaram as concepções dos estudantes sobre gravidade considerando espaços cotidianos (NUSSBAUM e NOVICK 1979; WATTS e ZYLBERSZTAJN 1981; WATTS 1982; NARDI e CARVALHO 1996), relatando entre outras coisas, que os estudantes têm grandes dificuldades em entender o que é gravidade. Nesta pesquisa utilizamos como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard e os contextos de aprendizagem propostos por Falk e Dierking (2000) para analisarmos as ideias de estudantes do ensino médio sobre o conceito gravidade em um espaço fisicamente alterado, a Casa Maluca do CDCC/USP.

Durante as visitas à Casa Maluca notamos a clara influência, em maior ou menor proporção, dos contextos de aprendizagem propostos por Falk e Dierking (2000). A inclinação de 15° da casa (contexto físico da aprendizagem) 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 que a postura de cada visitante (ansiosos, pensativos, receosos, tímidos...) frente aos objetos expostos, estava profundamente relacionada à bagagem intelectual, social e cultural, o que Falk e Dierking (2000) chamam de contexto pessoal da aprendizagem. Assim, 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.

A epistemologia bachelardiana nos indica que o acesso do aluno ao racionalismo exige a superação de obstáculos epistemológicos, muitas das vezes advindos do conhecimento de senso comum e, por serem intrínsecos ao conhecimento estão sempre presentes, e exigem um trabalho constante para superá-los.

No decurso de nossa pesquisa identificamos alguns obstáculos epistemológicos, propostos por Bachelard (1996) 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); 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 sob ação da gravidade); 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).

As análises dos resultados ilustram as idas e voltas do senso comum, na medida em que ideias sobre a queda dos corpos e gravidade concebida como superadas, emergem nas palavras de muitos estudantes. Bachelard ao conceber o conhecimento em uma perspectiva de rupturas e discontinuidades expõe a noção de perfil epistemológico, que retrata as superações e ideias de um conceito ao longo da história, não só científica, mas do próprio homem. Isto evidencia a natureza efêmera do conhecimento de qualquer

conceito, fazendo-nos refletir sobre o desenvolvimento dos conceitos ao longo da história.

Compartilhamos as ideias de Martins e Pacca (2005) de que, se por um lado a noção de obstáculo epistemológico é relevante para a compreensão da própria gênese das concepções dos estudantes, por outro, a construção de um perfil epistemológico propícia o entendimento e a discussão acerca do convívio de diferentes concepções enunciadas pelos alunos. É difícil imaginar como a teoria de gravidade poderia ter sido desenvolvida se os vários filósofos e cientistas envolvidos não tivessem a oportunidade conhecer as ideias enunciadas por seus antecessores. Neste sentido, vemos a importância de se trabalhar e discutir com os alunos a noção de perfil epistemológico para qualquer conceito, em particular o conceito gravidade. Em geral o Ensino de Ciência prioriza o produto final das ciências, esquecendo, quando não deturpando, o caminho trilhado, as ideias e superações e também as contribuições dadas pelos diferentes cientistas/filósofos na construção do conhecimento científico, ou de um conceito particular.

A partir de nossos resultados ficou claro que muitos alunos, mesmo tendo um nível de instrução superior (estudantes de graduação), continuaram a apresentar ideias similares a alunos de ensino médio afirmando, por exemplo, que um peixe no fundo do mar ou um avião em vôo não estão sob a ação da gravidade. Este achado sugere que em qualquer nível de escolaridade (Educação Básica e Ensino Superior) ao iniciar o trabalho de qualquer conceito é importante “conferir” o que os alunos entendem sobre o conceito em questão, quais são as suas ideias e dúvidas, o que foi ensinado em níveis anteriores, enfim, a bagagem que trazem.

Em sala de aula, durante a realização de entrevistas semi-estruturadas com alunos do ensino médio, constatamos nas falas dos alunos a aquisição de ideias do conceito gravidade relacionada com a noção de 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 continuidade dos trabalhos do professor em sala de aula. Por outro lado, muitos alunos ainda consideram a palavra gravidade como a explicação da queda dos corpos, e como possuidora de características de seres animados, ou seja, a pedra continua caindo devido à gravidade que a segura e puxa para a Terra e o inverso não ocorre. Também a atmosfera terrestre continua a aparecer como fator limitante para ação da gravidade. Percebemos que, em geral, as ideias prévias dos alunos coexistiam com conhecimentos mais elaborados sobre o conceito gravidade.

Como afirma Pietrocola (2005 p. 31) “[...] a física como conhecimento só poderá ser integrado ao patrimônio intelectual dos indivíduos caso ela possa ser percebida em relação ao mundo que nos cerca”. Neste sentido, acreditamos que a visita à Casa Maluca apresenta-se como um importante recurso para o ensino de física, particularmente do conceito gravidade e seu caráter vetorial. 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.

Neste trabalho identificamos alguns dos obstáculos epistemológicos existentes na estrutura cognitiva dos alunos sobre o conceito gravidade. No entanto, é muito importante a continuidade dos trabalhos sobre o tema em sala de aula, de modo a facilitar a construção de significados adequados para este conceito. No ensino de ciência não se deve apenas privilegiar a memorização, deve-se buscar situações que possibilitem o desenvolvimento cognitivo no aluno. Assim é muito importante a figura do professor, principalmente o de ciências, como mediador de conhecimentos, oferecendo aos alunos a oportunidade de refletirem sobre suas práticas e os conceitos trabalhados durante as visitas a campo. Por outro lado, compartilhamos com Martins (2004) que é papel do

pesquisador em ensino, neste caso Ensino de Ciências e Física, oferecer subsídios teóricos e práticos para este fim.

Não poderíamos deixar de mencionar nestas breves considerações finais nossa satisfação com o referencial bachelardiano e com a atividade Casa Maluca. Acreditamos que além de se mostrar bastante pertinente ao tema, o referencial bachelardiano ainda hoje traduz muito bem fragmentos de nossa realidade: “Se formos além dos programas escolares até as realidades psicológicas, compreenderemos que o Ensino de Ciências tem de ser todo revisto [...] que as sociedades modernas não parecem ter integrado a ciência na cultura geral [...] Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica” (BACHELARD 1996, p.309-10).

A Casa Maluca, desde a sua inauguração alguns meses antes de iniciarmos esta pesquisa, se tornou um dos objetos/atividades mais procurados do CDCC/USP, seja por visitantes espontâneos ou por visitas de grupos escolares. A casa é uma atração a parte deste centro de ciências, pois ela instiga a curiosidade, motiva e faz os visitantes pensarem e refletirem mais sobre a percepção e ideias que têm dos fenômenos da natureza, especialmente a gravidade. Durante a realização desta pesquisa, a atividade Casa Maluca satisfez nossas expectativas, não apenas (mas também) no que tange a identificação de obstáculo epistemológico em relação ao conceito gravidade, mas também no aspecto motivacional que ela proporciona.

Foram muitas as vezes que durante, e após as visitas, testemunhamos o brilho no olhar dos estudantes buscando explicar e dialogar com os seus pares e professores o que acabavam de vivenciar, bem como o desejo em repetir a atividade, algo não muito comum de ser presenciado em atividades realizadas em um contexto de educação formal. Neste sentido, constatamos em nossa pesquisa que a maioria dos alunos, cerca de

90%, demonstrou grande entusiasmo em retornar à Casa Maluca, deixando claro o caráter motivador da visita quanto ao Ensino de Ciências.

Em meio às orientações das visitas à Casa Maluca e de nossos resultados, acreditamos que a atividade Casa Maluca apresenta-se como um excelente recurso didático para os professores, licenciandos e monitores, onde os estudantes se vêem questionados sobre suas ideias a respeito do conceito gravidade trazidas pelo senso comum.

Com o intuito de contribuir com a atividade Casa Maluca e com as ações desenvolvidas por professores, licenciandos e monitores elaboramos o texto: **“Percepção da gravidade em uma intrigante visita à Casa Maluca”** (em anexo) onde apresentamos sugestões e possibilidades de intervenções que podem ser utilizadas durante as visitas à Casa Maluca, de modo a favorecer a superação de alguns dos obstáculos epistemológicos envolvidos na aprendizagem do conceito gravidade. Não é nossa pretensão fornecer receitas ou regras simplistas para serem seguidas durante as visitas à Casa Maluca. Nossa intenção é apenas empreender esforços que possibilitem uma reflexão das práticas realizadas nesta atividade.

Enfim, 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.

REFERÊNCIAS

- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**, São Paulo: Pioneira, 1998, 203 p.
- AROCA S. C. **Ensino de física solar em um espaço não-formal de educação**. Tese (Doutorado) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico**, Quinta edição, Lisboa: Presença, 1991, 136 p.
- _____. **A Formação do Espírito Científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.
- BAR, V; ZINN, B; GOLDMUNTZ, R; SNEIDER, C. Children's concepts about weight and free fall, **Science Education**, v.78, n.2, p.149-169, 1994.
- 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.
- BARBA, M. L. P. Os serviços educativos e de popularização de ciência nos Museus e centros de ciência e tecnologia: a visão do explorador. **SBPC/Labjor, ComCiência**, 2005. Disponível em: http://www.comciencia.br/reportagens/2005/12/14_impr.shtml>. Acesso em: 26 Mar 2009.
- BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. Educação não-formal, **Ciência e Cultura, Temas e Tendências**, v.54, n.4, p.20-20, 2005.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos**, Porto: Porto, 1994, 335 p.
- BRAUND, M.; REISS, M. Towards a more authentic science curriculum: the contribution of out-of-school learning, **International Journal of Science Education**, v.28, n.12, p.1373-1388, 2006.
- CAZELLI, S.; MARANDINO, M.; STUDART, D. Educação e comunicação em museus de ciência: aspectos históricos, pesquisa e prática. In: GOUVÊA, G; MARANDINO, M.; LEAL, M. C. (Orgs.). **Educação em museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciência**, Rio de Janeiro: ACESS, 2003.

- CHAMPAGNE, A.; KLOPPER, 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.; AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Educação em centros de ciências: visitas escolares ao observatório astronômico do CDCC/USP, **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n.1, p. 25-36, 2009.
- 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.
- FALK, J. **Free-choice science education: how we learn science outside of school**, New York: Teachers College Press, 2001, 226 p.
- FERNANDES, C. A.; VARGAS, M. C.; BORGES, R. M. R. Percepção da realidade na Casa Maluca. In: **Anais da 2ª Reunião Regional da SBPC-RS**. Porto Alegre/RS, 2006. Disponível em: < http://www.pucrs.br/eventos/sbpc/errata_lista.php>. Acesso em: 22 Ago 2007.
- GASPAR, A. **Museus e centros de ciência: conceituação e proposta de um referencial teórico**, Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- GIL, A. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social**, São Paulo: Atlas, 1999, 206 p.
- GOMES, H.; OLIVEIRA O. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo, **Ciências & Cognição**, v.12, ano 2, p.96-109, 2007.
- 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.
- GOUVÊA, G; VALENTE, M E.; CAZELLI, S; MARANDINO, M. Redes cotidianas de conhecimentos e os museus de ciências, **Parecerias Estratégicas**, n. 11, p. 169-174, Brasília, 2001.
- GRIFFIN, J. Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums, **Science Education**, v.81, n.6, p.763-779, 1997.

- _____ Research on students and museums: looking more closely at students in school groups, **Science Education** **88** (Sup. 1): S59-S70, 2004.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion, **American Journal of Physic**, 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.
- JAPIASSU, H. **Para ler Bachelard**, Rio de Janeiro: S.A. (Livraria Francisco Alves), 1976, 180 p.
- JULIÃO, G. S. **O show de física - Diálogos Científicos**. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências – Modalidade física), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 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.
- LEBOEUF, H. A.; BORGES, T. Cai por causa do ar: a gravidade como ação à distância. In: **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**. Águas de Lindóia – SP, junho, 2002. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/CO14_2r.pdf>. Acesso em: 23 Mai. 2009.
- LOBO, S. F. O Ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano, **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2007.
- LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p. 248-273, 1996.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**, São Paulo: EPU, 1986, 99 p.
- MALI, G.; HOWE, A. Development of Earth and Gravity Concepts among Nepali Children, **Science Education**, v.63, n.5, p.685-691, 1979.
- MARANDINO, M.; SILVEIRA, R.; CHELINI, M.; FERNANDES, A; GARCIA, V.; MARTINS, L.; LOURENÇO, M.; FERNANDES, J.; FLORENTINO, H. A educação não-formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: **IV**

- Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - ENPEC**, Bauru, 2003. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Disponível em: <http://paje.fe.usp.br/estrutura/geenf/textos/oquepensa_trabcongresso5.pdf>. Acesso em: 10 Mai. 2009.
- MARANDINO, M. (Org.). **Educação em museus: a mediação em foco**, São Paulo: GREENF /FEUSP, 2008, 36 p.
- MARTINS, A. F. P. **Concepções de estudantes Acerca do conceito do tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- _____ Algumas Contribuições da Epistemologia de Gaston Bachelard à Pesquisa em Ensino de Ciências, In: **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**, Londrina, 2006b. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/atas/resumos/T0066-1.pdf>>. Acesso em: 02 Jul. 2009.
- 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. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID133/v10_n3_a2005.pdf>. Acesso em: 21 Jun. 2008.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma Explicação. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.1, p. 1-14, set.1999.
- 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, 2006a, 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.
- MAURÍCIO, L. A. **Centros de Ciências: Origem e desenvolvimento - uma reflexão sobre o seu papel e possibilidades dentro de um contexto educacional**. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências – Modalidade física), Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

- MELO, A. C. S. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – 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.
- MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico, **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.
- _____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n. 1, p.20-39, 1996.
- _____. Para além das fronteiras da Química: relações entre filosofia e ensino de Química. **Química Nova**, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.
- _____. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000, 383 p.
- 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. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID13/v1_n2_a2.pdf>. Acesso: 07 Ago. 2007.
- 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.
- OLIVEIRA, J. M. Perception and Reality, **Revista Cérebro & Mente**, n 4, Dez. 1997. Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n04/opiniao/percepcao_i.htm>. Acesso em: 27 Mai 2009.
- PALMER, D. Students’ alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity, **International Journal Science Education**, v. 23, n.7, p. 691-706, 2001.
- PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum, **Scientiae Studia**, v.1, n.1, p. 9-26, 2003.

- PEDUZZI, O. Q. Física aristotélica: porque não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.1, p. 48-63, 1996.
- PIETROCOLA, M. (Org.). **Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo**, In: Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2ª edição, 2005, 236 p.
- PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, p. 7-34, 1999.
- RENNIE L. J.; WILLIAMS G. F. Adults' learning about science in free-choice settings, **International Journal of Science Education**, v. 28, n.8, p. 871-893, 2006.
- RETONDO, C. G. **Química das sensações: desenvolvimento de um material didático interdisciplinar para o Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química – Departamento de Química Orgânica, Campinas, 2004.
- SCHIFFMAN, H., R. **Sensação e Percepção**. Rio de Janeiro: LTC, 2005, 444 p.
- SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.
- SILVA, H. C. **Discursos escolares sobre gravitação newtoniana textos e imagens na física do ensino médio**. Doutorado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- SMITH, M. **Non formal education**, 1996. Disponível em: <<http://www.infed.org/biblio/b-nonfor.htm>>. Acesso em: 21 Mai de 2009.
- SOUZA FILHO, M. P. S.; BOSS S. L. B.; CALUZI, J. J. Perfil e obstáculo epistemológico na aprendizagem do conceito de ímã, In: **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0142-1.pdf>>. Acesso em: 02 Jul. 2009.
- STUDART, D.; MORTARA, A.; VALENTE, M. Pesquisa de público em museus: desenvolvimento e perspectivas. In: GOUVÊA, G.; MARANDINO, M.; LEAL, M.

- C. (Orgs.). **Educação em museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciência**. Rio de Janeiro: ACESS, 2003.
- TRAN, L. Teaching science in museums: the pedagogy and goals of museum educators, **Science Education**, v.91, n.2, p. 278-297, 2007.
- VYGOTSKY L. S. **Psicologia pedagógica**, São Paulo: Martins Fontes, 2001; 561 p.
- WATTS, M. Gravity - do not take it for granted! **Physics Education**, v.17, n.3, p.116-121, 1982.
- WATTS, M.; ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some children's ideas about force, **Physics Education**, v.16, n.6, p.360-365, 1981.
- ZANETIC, J. **Física também é cultura**, Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- ZANETIC, J.; MOZENA E. R. **Evolução dos Conceitos da Física – alguns tópicos de “filosofia” da ciência** (Apostilas usadas em aula, não publicadas, volumes: 1, 2 e 3), Instituto de Física, USP, São Paulo, 2007 (versões parcialmente revisadas).

ANEXOS

I - Percepção da gravidade em uma intrigante visita à casa maluca

[...] Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber (BACHELARD 1996, p. 18).

Apresentação

Este texto tem o intuito de contribuir para professores, licenciandos e monitores durante visitas a atividade “Casa Maluca”, do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP), indicando ações que possam favorecer a superação de algumas das ideias de senso comum que dificultam a aprendizagem do conceito gravidade. Não temos a pretensão de produzir meras receitas ou regras simplistas para serem seguidas durante as visitas. Nossos esforços centram-se no sentido de possibilitar algumas reflexões sobre as práticas desenvolvidas neste ambiente. Assim, apresentamos sugestões e algumas das possibilidades de intervenções problematizadoras que podem ser utilizadas durante as visitas.

A Casa Maluca é parte de uma série de experimentos interativos do Jardim da Percepção localizado na área externa do CDCC/USP. Esta é uma casa com piso e paredes inclinados com ângulos de 15° em relação ao referencial externo.

Em seu interior os visitantes experimentam alterações na percepção de alguns fenômenos do cotidiano relacionados com equilíbrio, sensações visuais e força gravitacional, tais como levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos; ver sua imagem com um ângulo de inclinação ao olhar para um espelho, entre outros.

A Casa Maluca do CDCC/USP

Estas alterações podem ser problematizadas através de perguntas feitas aos visitantes com o objetivo de eles tomarem consciência da força gravitacional e sua dependência com o referencial adotado.

A queda dos corpos

A queda dos corpos pode ser observada e percebida em todos os momentos. O fato de experimentarmos a queda no cotidiano torna comum a constatação de sua vivência pelas pessoas. Porém entender e explicar o porquê das coisas caírem 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.

É importante que se diga que a palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre massas. Já no século XVI, Galileu Galilei (1564 – 1642) sabia que se utilizava a palavra ‘gravidade’ para descrever um fenômeno, e que essa palavra não representava uma explicação da queda (MARTINS 2006a, p. 171). Isaac Newton (1642 - 1727) em seus estudos admite não ser capaz de descobrir as causas da gravidade e, ainda assim, trabalha no sentido de estabelecer o princípio da gravitação universal.

Hoje no ensino básico de física a ideia de gravidade se refere ao conceito de força ou atração gravitacional (atração entre as massas), baseadas na lei de gravitação universal elaborada por Newton no século XVII.

A palavra gravidade não é uma interpretação ou explicação para a queda dos corpos, apenas descreve o fenômeno da atração entre as massas.

Diversos estudos mostram que os estudantes têm concepções errôneas a respeito da gravidade e que trazem consigo noções enraizadas de senso comum a respeito de fenômenos da natureza (KAVANAGH e SNEIDER 2007). Estas pesquisas evidenciam a necessidade de se buscar alternativas que favoreçam o questionamento e a problematização de conceitos de senso comum trazidos pelos estudantes.

Em muitos casos ao questionar o senso comum é que surgem oportunidades para a incorporação de ideias atualmente aceitas pela comunidade científica como corretas. Uma das maneiras de isso ser feito é criando situações fora do cotidiano que permitam reflexões e questionamentos acerca do conhecimento de senso comum.

Pensando nisso, uma atividade que pode auxiliar professores e licenciandos nas discussões e problematização do conceito gravidade com seus alunos é a visita à Casa Maluca. Esta atividade, em espaço não formal de educação, se apresenta como um excelente recurso didático, onde é possível perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando, aparentemente, não sentimos seus efeitos. O projeto da casa nos permite questionar conceitos trazidos pelo senso comum de forma mais concreta.

A continuidade deste texto apresenta a síntese de uma pesquisa realizada na Casa Maluca e aponta algumas das possibilidades que a casa propicia para se trabalhar o conceito gravidade durante as visitas.

A pesquisa teve como objetivo central entender como este espaço fisicamente alterado influencia as percepções e explicações acerca da gravidade pelos estudantes do ensino médio.

Obstáculo epistemológico foi uma expressão introduzida pelo francês Gaston Bachelard (1884 - 1962) em seu livro *A formação do espírito científico* para caracterizar tudo aquilo que obstrui, dificulta, enfim, limita o progresso da ciência

Para isso, adotou-se metodologia de pesquisa apoiada em observação do visitante, aplicação de questionários, gravação em áudio e vídeo e entrevistas semi-estruturadas.

Como referencial teórico principal adotou-se o conceito de obstáculo epistemológico proposto por Bachelard e considerou-se também durante as visitas e análise dos dados, a influência do “Modelo Contextual de Aprendizagem” proposto por Falk e Dierking (2000).

A Casa Maluca e os contextos de aprendizagem.

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). Segundo Falk e Dierking (2000) todas as visitas a Centros de Ciências envolvem o que eles chamaram de Modelo Contextual de Aprendizagem, onde devem ser considerados os contextos sociocultural, pessoal e físico, além do fator tempo.

Contexto Sociocultural. A perspectiva do visitante é fortemente influenciada pelas interações que ocorrem durante as visitas. Na Casa Maluca, os estudantes ao serem questionados sobre suas ideias acabam socializando com seus pares, professores e monitores suas ideias e dúvidas sobre o conceito gravidade, gerando um ambiente enriquecedor e descontraído para 'partilhar' conhecimento.

Modelo Contextual de Aprendizagem
(FALK e DIERKING 2000, p. 12).

Contexto Pessoal. Traduzido pela bagagem intelectual, social, e cultural de cada um. É único para cada indivíduo. Este contexto faz com que durante as visitas à Casa Maluca cada visitante se posicione e explicita suas ideias de forma muito particular frente às atividades e discussões realizadas.

Contexto Físico. É decisivo no comportamento dos visitantes, pois tudo o que se observa e guarda na memória é fortemente influenciado por este contexto. O projeto da Casa Maluca (inclinação de 15°) e a disposição de seus objetos levam o visitante a questionar e buscar respostas para o que é vivenciado, suas percepções e fenômeno envolvido.

Dimensão temporal. Sugere que, ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro

Aspectos da pesquisa realizada: identificando alguns obstáculos epistemológicos.

Em geral as pessoas têm concepções errôneas acerca da gravidade, uma das explicações para este fato pode ser atribuída à existência de obstáculos epistemológicos que dificultam o aprendizado deste conceito. Segundo Bachelard é a superação de obstáculos epistemológicos que propicia o avanço do conhecimento.

Obstáculos epistemológicos podem ser originados de conceitos e pré-conceitos adquiridos em uma relação ingênua com os fenômenos. São de essência interna e não externa, originam-se do conhecimento não questionado, mascarando a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico. Dentre os obstáculos epistemológicos, enfrentados ao longo do desenvolvimento do pensamento científico temos: a experiência primeira, o realismo ingênuo, o animismo, o substancialismo e o obstáculo verbal.

No decorrer da pesquisa na Casa Maluca, tornou-se clara a influência, em maior ou menor proporção, dos contextos de aprendizagem em todas as atividades desenvolvidas e na identificação de obstáculos epistemológicos proposto pela epistemologia bachelardiana. A seguir estão descritos sucintamente os obstáculos epistemológicos identificados em relação ao conceito gravidade durante a visita de alunos do Ensino Médio à Casa Maluca.

Experiência Primeira

É a experiência colocada antes e acima da crítica, o início dos obstáculos na formação do espírito científico. Interpretada como uma satisfação imediata aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis. 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”.

Para muitos alunos a Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim a Terra atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido. Tal interpretação apesar de ‘facilitar’ momentaneamente o entendimento do conceito acaba por dificultar o aprendizado da terceira lei de Newton (ação e reação) e bloqueia o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade. Também é bastante comum os alunos explicitarem a ideia de que a gravidade atua de forma diferente em diferentes pontos da casa e também fora dela.

Realismo Ingênuo

Intimamente ligado à experiência primeira, o realismo pode ser considerado a única filosofia inata (BACHELARD 1996). Encontra-se impregnado no inconsciente e é diretamente associado à noção do real. Traz como principal característica a conversão, sem maiores questionamentos, do real imediato em certeza absoluta de verdade.

Vários alunos durante a visita à Casa Maluca enunciam 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 sob ação da gravidade. Talvez fosse possível considerar a gravidade para muitos alunos como algo subjetivo, partindo diretamente das observações particulares e imediatas, onde se transpõe valores inconscientes para o mundo objetivo.

Animismo

Entendido como resultante da aplicação de características de seres vivos aos mais variados fenômenos. O fato de que atribuir vida daria maior relevância a um determinado fenômeno ou objeto também se enquadra na designação animista.

São inúmeras as colocações animistas em ciências: na repulsão elétrica fala-se em “um não gostar do outro” e no caso da gravidade é comum dizer que a Terra “segura e puxa para baixo”. A gravidade entendida como algo que realmente “puxa, empurra e segura para baixo” é bastante corriqueiro nas falas dos alunos. A gravidade é compreendida como se possuísse realmente características de seres animados.

Substancialismo

No substancialismo é marcante o acúmulo de vários adjetivos para um mesmo substantivo, como afirma Bachelard (1996), este é um sintoma claro de sua sedução. O obstáculo substancialista também leva à atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância ou relaciona uma substância a qualidades diversas.

Muitos estudantes atribuem à atmosfera uma qualidade “pressionadora, fixadora...” dos corpos na Terra. Para vários alunos também a gravidade carrega vários adjetivos (forte, rápida e intensa). 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.

Obstáculo verbal

Pode ser entendido como sendo uma falsa explicação obtida a custo de uma única palavra explicativa (*palavra obstáculo*). Assim, por meio de 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.

Em geral os alunos concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos. Este fato acaba por dificultar análises mais aprofundadas sobre o tema, por exemplo, a atração mútua entre os corpos.

Enfim, o conceito gravidade não é de trivial entendimento e envolve a superação de um grande número de obstáculos epistemológicos, sendo necessário criar situações que possibilitem a problematização e discussão das ideias de senso comum sobre o tema. Neste contexto, uma visita à Casa Maluca é um excelente recurso didático onde os estudantes têm a oportunidade de perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, mesmo quando aparentemente não sentimos seus efeitos.

A Casa Maluca: algumas possibilidades...

Devido às suas particularidades físicas (inclinação de 15°), antes de iniciar uma visita à Casa Maluca é importante conversar com os participantes de modo a identificar se alguém sofre de labirintite, uma doença que acomete o ouvido interno (labirinto) e pode comprometer a manutenção do equilíbrio corporal. Ao entrar na casa a nova orientação em relação ao referencial da superfície da Terra terá efeitos diferentes em cada pessoa, fato que pode ocasionar em alguns casos mal estar e até mesmo náusea.

A inclinação de 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra causa uma sensação de desequilíbrio, além da percepção de duas componentes da força gravitacional que são nulas quando estamos na vertical ou quase imperceptíveis para pequenas inclinações. Assim logo que se inicia a visita já se torna possível levantar algumas questões problematizadoras que podem fomentar discussões futuras com os alunos, por exemplo: *A que se deve a dificuldade em andar rapidamente pela casa e ao mesmo tempo se 'equilibrar'? O que tem de diferente na casa em relação ao ambiente externo?* Neste contexto, cria-se não apenas uma expectativa quanto à visita, mas também a oportunidade do professor iniciar as discussões a respeito da constante atuação da gravidade e de seu caráter vetorial.

São inúmeras as atividades que podem ser realizadas na Casa Maluca com o intuito de possibilitar a problematização e o questionamento das ideias de senso comum trazidas pelos visitantes em relação ao conceito gravidade e a superação de obstáculos epistemológicos envolvidos neste processo. A seguir, considerando os objetos presentes na casa e tendo como base a pesquisa realizada, apresentamos algumas destas atividades e possibilidades que podem auxiliar professores, licenciandos e monitores durante a realização das visitas.

ATIVIDADE: Segurando o taco de sinuca

É bastante comum durante as visitas à Casa Maluca e discussões, os alunos afirmarem que um objeto não estando em contato com o solo não sofre ação da força gravitacional. No interior da casa é possível problematizar tais ideias a partir de uma atividade muito simples: segurando o taco de sinuca.

Para realizar esta atividade, se segura um taco de sinuca em suas extremidades de modo que ele fique perpendicular ao plano da casa, então se solta a extremidade inferior do taco e este naturalmente não se alinha perpendicularmente ao piso da casa, mas sim com o piso externo à casa (Figura ao lado).

Na realidade ocorre que, ao segurar o taco perpendicularmente ao piso da casa este se posiciona com um ângulo de 15° em relação ao piso externo, assim no momento em que se solta sua extremidade inferior, o taco é direcionado para o centro da Terra devido à atração entre as massas envolvidas (fenômeno gravidade).

Com a realização desta atividade pode-se problematizar as ideias dos alunos sobre o conceito gravidade a partir de indagações do tipo: *O que está atuando sobre o taco? Porque ao soltar a extremidade inferior do taco este se inclina em relação ao piso da casa? Sobre o fenômeno envolvido, este atua também em um astronauta nas proximidades da Terra? O que difere? E em um avião em vôo?* Cria-se também com esta atividade a possibilidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade.

ATIVIDADE: Levantar-se de uma cadeira sem o auxílio das mãos

Nesta atividade é pedido para que o visitante tente levantar de uma cadeira sem utilizar as mãos e sem encostar os pés na cadeira. O objetivo é fazer com que perceba a decomposição da força peso e explicitem suas ideias daquilo que estão vivenciando.

Uma vez dentro da casa o visitante fica inclinado 15° em relação à orientação da força gravitacional da Terra, o que causa uma sensação de desequilíbrio inicial e a presença de componentes da força gravitacional que normalmente não aparecem quando estamos na vertical. Assim, ao sentar na cadeira, o visitante sentirá dificuldades em se levantar devido à decomposição da força peso em P_x e P_y .

Em geral os alunos não citam ou relacionam a decomposição da força peso à dificuldade em se levantar da cadeira sem o auxílio das mãos. Comumente atribuem à dificuldade a uma força pressionadora, uma pressão do ar. Também para muitos a gravidade por si só é causa e explicação para a dificuldade em levantar da cadeira.

Nesta atividade há também uma grande oportunidade de discutir com os alunos o caráter vetorial da gravidade e sua dependência com o referencial adotado. Assim, indagações do tipo: *A que se deve esta dificuldade para levantar-se da cadeira? Fora da Casa Maluca é diferente? Por quê? Qual a relação desta atividade com a atividade do taco de sinuca?* podem auxiliar o professor nas discussões sobre o conceito gravidade e seu caráter vetorial.

Esta simples atividade, que passaria despercebida se desenvolvida em um ambiente aberto, devido ao contexto em que está inserida e as provocações resultantes de sua realização, se torna uma sensação para os alunos.

ATIVIDADE: Inclinação do prumo de um filete d'água

Ao abrir uma torneira colocada numa das paredes da casa Maluca, nota-se a inclinação do prumo de um filete d'água.

A imagem do filete d'água caindo com inclinação desperta o interesse dos alunos e ao mesmo tempo revela uma mistura de sentimentos de dúvida e admiração pelo que está sendo observado.

Muitos alunos relacionam erroneamente a queda do filete d'água com empuxo. Em alguns casos extrapolam e afirmam ainda que um peixe em um aquário ou no fundo do mar, não está sob a ação da gravidade, atuando sobre ele apenas o empuxo.

O interessante nesta atividade é que, diferentemente das supracitadas, o objeto em questão é líquido (um filete d'água). Assim, durante a realização desta atividade cria-se a oportunidade do professor discutir com os alunos a atuação da gravidade em diferentes situações, por exemplo, na bica d'água (Figura acima). Questões como: *Em que esta atividade difere das demais? O que atua sobre a água da torneira para que ela caia inclinada? Como seria esta atividade fora da Casa?* podem auxiliar o professor nesta tarefa.

O professor tem também a oportunidade de iniciar uma discussão (que pode continuar após a visita ou em sala de aula) sobre questões mais abrangentes, por exemplo: a relação Sol-Terra-Lua e as marés. Enfim, esta atividade possibilita trabalhar com os estudantes de modo que os levem a perceber que a gravidade se manifesta o tempo todo, sobre todos os objetos e em todos os lugares.

ATIVIDADE: Bola que “sobe” um plano inclinado

Esta atividade leva o visitante a se questionar porque a bolinha vai para o lado contrário ao que era esperado, ou seja, a princípio espera-se que a bolinha ao ser colocada na mesa role (com base na figura ao lado) para o lado direito da mesa, porém, a mesa por não compensar a inclinação de 15° da casa faz com que a bolinha role para o outro lado, parecendo subir a mesa.

Alguns alunos durante esta atividade afirmavam que a bolinha subia a mesa devido à presença de um ímã, situado na parede da casa, que a *puxava* para lá. Talvez esta ideia enunciada por alguns alunos esconda a ideia errônea da gravidade intermediada por forças magnéticas, ou seja, devido a um *truque*.

Acreditamos que para um melhor entendimento das ideias dos alunos, talvez fosse interessante analisar o que eles entendem por força magnética. Assim seria possível entender melhor a associação que fazem entre os fenômenos magnéticos e gravitação. Esta atividade pode também possibilitar ao professor trabalhar com os alunos a questão de referencial adotado, visto que a disposição da mesa na casa ilude nossos sentidos.

Extrapolando, a partir das ideias apresentadas pelos alunos nesta atividade, também é possível que o professor problematize ideias de senso comum que trazem o fenômeno gravidade intermediado por alguma coisa que facilite sua ocorrência.

ATIVIDADE: Saindo da casa e visualizando a imagem com 15° de inclinação

Na saída da Casa Maluca é possível realizar uma última experiência com os visitantes com o intuito de perceberem a influência do contexto físico (fisicamente modificado) na percepção de alguns fenômenos da natureza, neste caso a gravidade. É importante frisar que vários objetos da casa têm a função de “iludir” a visão do visitante, parecendo estar na horizontal.

Aqui o visitante deve caminhar rapidamente em direção à saída (ao lado do espelho) e no instante em que sair da casa, expressar o que está vivenciando (a percepção da gravidade em diferentes ambientes, fechado e cotidiano).

Nesta última atividade é possível ir um pouco mais além e fazer uma abordagem interdisciplinar, por exemplo, fundamentada na neurobiologia.

Assim, é possível abordar questões do tipo: *Por que temos a sensação de desconforto visual quando adentramos a casa e olhamos a imagem no espelho? Qual a relação entre o que vemos e o que sentimos quando entramos na casa? Ao sair da casa (ainda estando em um plano inclinado) por que, apesar de continuar a sentir seus efeitos, temos a impressão de que a gravidade não está mais atuando?* Neste contexto, cria-se também a oportunidade de a partir do ambiente da casa Maluca iniciar uma discussão (após a visita e continuando em sala de aula) baseada em nossas percepções e sentidos, por exemplo: estrelas que vemos a noite no céu, de vibrações em sons e ruídos e reações químicas em cheiros e gostos específicos.

Em geral a visita à Casa Maluca possibilita trabalhar com os alunos diversas questões, como: a decomposição da força peso, a física do plano inclinado, referencial adotado, relações de ângulos da matemática, percepção, etc. As dinâmicas desenvolvidas durante as visitas à Casa Maluca buscam favorecer a interação entre os visitantes, sendo que comumente os visitantes se sentem motivados a perguntar e explicitar suas ideias e dúvidas. Reiteramos a importância de considerar os contextos de aprendizagem (pessoal, sociocultural e físico) durante as visitas dos alunos à Casa Maluca. A especificidade física da atividade cria um cenário propício para as discussões sobre o conceito gravidade. Assim, considerar as ideias trazidas pelos alunos (a bagagem que cada um traz para a visita) e as interações que ocorrem na casa (falas, gestos e atitudes dos alunos) enaltece e enriquece muito o cenário das discussões.

Também se faz muito importante durante a visita atentar para o papel do erro, para as ideias de senso comum no ensino de ciências, em especial sobre fenômenos naturais. Ao considerar que o erro é o que ainda não se aprendeu, ele certamente será muito mais valorizado, fecundo e positivo para a problematização dos conceitos, das ideias de senso comum e para o processo de construção do conhecimento.

Ideias errôneas não devem ser vistas como sinônimo de fracasso, incapacidade ou entrave para o processo de ensino-aprendizagem, e sim parte de sua evolução e desenvolvimento.

Enfim, recomendamos aos professores que realizem periodicamente visitas à centros de ciências com seus alunos, de modo que as atividades desenvolvidas nestes espaços auxiliem, fomentem e complementem a educação formal. Centros de ciências são

espaços educativos que possibilitam a ampliação e a melhoria do conhecimento científico de estudantes e da população em geral. Assim, defendemos que a educação não formal deve ser vista não como concorrente, mas como parceira da educação formal. Ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, as recordações de suas experiências durante as visitas podem contribuir para o aprendizado futuro. Acreditamos que a visita à Casa Maluca pode contribuir com o processo de construção de conhecimento em sala de aula na medida em que as recordações e experiências vividas durante são chamarizes para discussões mais aprofundadas.

II – Alguns aspectos da história dos museus

Em geral, há um preconceito muito grande com relação à palavra museu, que é geralmente associada a coisas do passado. O termo museu vem do latim *Museum* que por sua vez, deriva do grego *Mouseion*, denominação, na Grécia Antiga, do templo ou santuário das musas, um local de inspiração para artistas, onde se podia desligar do mundo cotidiano (WITTLIN apud GASPAR 1993, p. 6). Presume-se que a primeira instituição do gênero foi o Museu de Alexandria criado por Ptolomeu, onde trabalharam vários estudiosos, tais como: Euclides, Arquimedes, Apolônio de Perga e Eratóstenes. A associação do termo museu com a ideia de local onde há coleções ocorreu alguns séculos depois.

Algumas destas coleções eram voltadas para pesquisas científicas, por exemplo, as coleções de espécimes animais e vegetais obtidas durante as campanhas de Alexandre e utilizadas por Aristóteles. Durante a Idade Média, ao menos na Europa Ocidental, as coleções passaram a ser muito valiosas, atestando fortuna e garantindo poder, em uma época em que não se tinha sistema bancário e uma moeda estável. As coleções não eram exibidas ao público, que somente podia apreciar as obras de arte exibidas na igreja, que tinham forte cunho religioso embutido. Com o aumento das coleções, surgiu a necessidade de um local para expor-las, aparecendo então às galerias, as quais eram salas compridas e estreitas (GASPAR 1993, p. 8).

Na época renascentista, estas galerias se tornaram local de estudos e reflexões. Hoje em dia designamos estas galerias pela palavra museus provavelmente por este tipo de local ter a mesma função que os templos das musas do período helênico (LEWIS apud GASPAR 1993). No decorrer da história, o aumento do número de museus e consequentemente das coleções (obras de arte, quadros...), trouxeram consigo a ideia de depósito de antiguidade, local onde as obras podiam ser guardadas com segurança.

Nesta época e por muito tempo, não se tinha uma preocupação com a educação nestes locais. No início do século XX, com a expansão dos museus pelo mundo (Europa, Ásia, EUA) começou a se tornar explícita, a necessidade de haver uma abordagem educacional nos museus, uma vez que o número de visitantes aumentava consideravelmente (MAURÍCIO 1992).

Como aponta Gaspar (1993), o aumento do número e a maior proximidade dos museus com o público leigo em geral, fez com que passassem também a ser espaços de divulgação científica. Com isso, muitos museus adotaram a denominação centros de ciência ou denominação equivalente, como: museu vivo, museu de ciências.

Uma possível explicação para este crescente aumento na procura aos centros de ciências deve-se ao fato de se tentar buscar alternativas para o ensino de ciências. Uma vez que em um centro de ciências, dispõe-se um ambiente rico em experimentos, demonstrações e informações, os quais muitas vezes, se perdem em situações de ensino formal (JULIÃO 2004).

Os centros de ciências surgiram com o intuito de apagar a ideia de que a ciência esta afastada do cotidiano, que é de difícil compreensão. Possibilitaram ao público falar, ouvir, visualizar e tocar objetos e aparatos experimentais, ou seja, possibilitaram uma interação ativa com o público visitante. São também janelas onde se vislumbram imagens de como poderia ser o mundo, em um futuro cada vez mais tecnológico (BARBA 2005).

Enfim, como afirma Blanco (apud MARANDINO 2008) às pesquisas com público em museus em centros de ciências é recente, tendo início em vários países na primeira metade do século XX. Hoje vemos que um grande desafio para os museus e centros de

ciências da atualidade é desenvolver estratégias de comunicação das ciências²³ que entusiasme o visitante e ao mesmo tempo promova a difusão da ciência para todos.

²³ Para saber mais sobre comunicação pública da ciência, sugerimos os trabalhos de Bruce V. Lewenstein: LEWENSTEIN, B. V. **Models of Public Communication of Science & Technology**, 2003. Disponível em: < <http://www.cognition.ens.fr/traces/ressources/articles/lewenstein.pdf> >. Acesso: 20 Mar 2009. LEWENSTEIN, B. V.; BROSSARD, D. Assessing Models of Public Understanding in ELSI Outreach Materials (Final Report), Cornell: Cornell University, 2006. Disponível em: <<http://comm.cornell.edu/lewenstein/Lewenstein%20and%20Brossard.2006.DOE%20final%20report.pdf>. >. Acesso em: 20 Mar 2009.

III - Questionário

PARTE A

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

ii - Procure não deixar nenhuma questão em branco, em caso de dúvida responda a alternativa que você melhor considerar.

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.

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 a 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

Muito obrigado por responder a este questionário.

IV – Textos para a entrevista semi-estruturada

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?