

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS E FACULDADE DE EDUCAÇÃO

LEONARDO GONÇALVES LAGO

LUA: FASES E FACETAS DE UM CONCEITO
UMA DISCUSSÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM A PARTIR DA TEORIA
DA ATIVIDADE

São Paulo

2013

LEONARDO GONÇALVES LAGO

LUA: FASES E FACETAS DE UM CONCEITO

UMA DISCUSSÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM A PARTIR DA TEORIA
DA ATIVIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. Área: Ensino de Física.

Orientador: Cristiano Rodrigues de Mattos

Banca examinadora: aprovado em 16/12/2013

Cristiano Rodrigues de Mattos (IF-USP)

Teresa Cristina Rego (FE-USP)

Walmir Thomazi Cardoso (PUC-SP)

São Paulo

2013

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**

Lago, Leonardo Gonçalves

Lua: fases e facetas de um conceito – São Paulo, 2013.

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

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Ensino e aprendizagem; 3. Formação de conceito; 4. Lua.

USP/IF/SBI-112/2013

À minha Deusa, esposa e companheira
na caminhada desta vida.

Aos meus pais sempre.

De caminhos a pomares

Hoje eu aprendi que,
caminhos não existem
senão caminhantes postos a caminhar
caminhantes que capinam seu caminho
caminhantes que colhem em seu caminho

caminhos são construídos,
caminhos são trilhados,
caminhos são aprendidos,
caminhos são trocados,
mas caminhos, não são copiados.

Mas hoje eu aprendi ainda mais,
que apesar de sozinho,
o caminho não é solitário.
Nossos caminhos se cruzam,
se cruzam em encruzilhadas
com caminhos de outros caminhantes

Nestes momentos trocamos
mapas, rotas e trajetórias,
conversamos sobre colheitas
e porque não dizer,
colhemos das mesmas árvores
comemos dos mesmos frutos e
trocamos nossas mais belas sementes.

Com a alma preenchida e
os bolsos cheios de novas sementes,
nos postamos novamente a caminhar,
sozinhos, mas não solitários.

As novas sementes
nos levam a caminhar caminhos
nunca sonhados
nos levam a carpir roças
nunca aradas
e nos levam a degustar frutos
nunca experimentados.

Assim, as novas sementes
que frutificaram em novos caminhos
nos levam a outras encruzilhadas
Encruzilhadas
que nos fazem dialogar
com novos caminhantes
Encruzilhadas
nas quais as relações de trocas
são retomadas

Hoje imagino o (Meu)
caminho que irei caminhar,
as sementes que desejo plantar,
as árvores que desejo cultivar,
e os frutos que desejo comer.
Imagino também os caminhantes
com os quais desejo capinar e
com os quais desejo colher.
Caminhantes que troquem
belas sementes e falem
das maravilhas da colheita.

Assim, me animo a caminhar
sozinho, mas não solitário,
ansioso pelo momento que,
cansado de carpir,
chegue a próxima encruzilhada

Durante a caminhada,
espero que revendo minhas pegadas
elas estejam misturadas
com a de muitos outros caminhantes,
que ao lembrar das sementes,
troçadas e plantadas,
elas sejam de infinitas espécies,
que ao apreciar os frutos
(de uma farta colheita)
eles sejam vistosos, suculentos e nutritivos.

E finalmente,
gostaria que Meu caminho
termine em um lindo pomar,
onde outros caminhantes
possam se alimentar e
onde por muitas vezes
eu me alimentei.

Leonardo Lago
(28/11/2005)

AGRADECIMENTOS

De fato, não fazemos nada sozinhos, toda atividade é coletiva. Este é o momento e o lugar de agradecer a comunidade que partilhou esta caminhada.

Agradeço a minha família, pais, avós, tios e primos por acompanhar cada passo, compreender a distância ou ausência inevitável e comemorar cada uma das colheitas. Agradeço a família da Deusa pela carinhosa acolhida.

Muito obrigado ao Cristiano, pela solidária e generosa orientação, pelas conversas acadêmicas e filosóficas, e pela confiança depositada neste e nos próximos projetos. Foram alguns anos capinando desde a primeira enxadada.

Nessa mesma estrada, preciso agradecer aos colegas do Ecco (André, Juliano, Ortega, Esdras, Francisco, Felipe, Jucivagno, Luciani, Fernanda, Walter, Débora, Danila, Gabi, Pércia e Tamara) pelas animadas conversas e calorosos debates.

Para a fatura desta colheita, em uma das encruzilhadas estava o Ortega, que, recebendo o projeto com entusiasmo e carinho, fez possível a intervenção pedagógica. Muito obrigado pela parceria meu caro! Aproveito para agradecer a direção e coordenação da escola e os alunos que participaram das aulas.

Agradeço às professoras Cristina Leite e Fernanda Liberali pela leitura do texto de qualificação, que ajudaram a redigir uma dissertação mais objetiva e sem excessos. Nas disciplinas de pós-graduação um obrigado ao Giordan, pela leitura do trabalho que iniciou o texto da dissertação e ao Robilotta, por fazer de uma disciplina de Relatividade, um espaço de autoconhecimento. À Teresa Rego pelas fabulosas disciplinas na licenciatura e na pós, e pelos elogios e contribuições na defesa.

Dedico e agradeço aos amigos de todos os lugares e momentos. Aos amigos da infância do Edifício Primavera, aos amigos do colégio e aos amigos da Física, os tákions. Aos amigos mais recentes da área de ensino, os das disciplinas e os do corredor. Obrigado ao Rafael pela parceria nos trabalhos, e ao Roberto, pelas sempre belas palavras. Agradeço às amigas construídas nos lugares onde trabalhei, nas escolas, editora, TV Escola e Instituto Ciência Hoje, pelo aprendizado e convivência harmoniosa. Um muito obrigado especial

ao Walmir, pelas conversas sobre Astronomia, vida e as melhores comidas da Galáxia.

Agradeço a todos que me receberam na Finlândia durante o programa de intercâmbio por proporcionarem um ambiente tranquilo e criativo para a minha necessária imersão no texto dessa dissertação. Em particular aos professores Yrjö Engeström e Annalisa Sannino pela carta-convite e discussão de ideias. Obrigado à Mônica e ao Fernando pela oferta da guarida.

Agradeço aos funcionários do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em especial aos da secretaria de pós-graduação.

Agradeço à CAPES pela bolsa concedida no início desse projeto e ao Santander Universidades pela bolsa de intercâmbio.

Por fim, à minha família, à Deusa pela companhia, amor e dedicação ao longo desses anos, pela paciência e compreensão, e por contribuir para me transformar em uma pessoa cada vez mais humano, afinal, todo ser humano é transformação, todo ser é sempre mais...

RESUMO

Lago, L. G. **Lua: fases e facetas de um conceito**. 2013. Dissertação (mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Neste projeto fazemos uma discussão sobre o Ensino de Astronomia, em particular sobre o conteúdo das fases da Lua, na perspectiva da formação de conceitos a partir da Teoria histórico-cultural da Atividade. Com base nesse referencial, lançamos uma proposição teórica que relaciona determinado conceito com suas atividades genéticas, isto é, as atividades historicamente determinadas e culturalmente sistematizadas nas quais o conceito emerge. A essa proposição demos o nome de conceito-atividade. A implicação direta dessa relação é que os conceitos passam a ser entendidos como entidades abertas, dinâmicas, multifacetadas e controversas. Para explicitar essas outras qualidades do conceito para o caso da Lua, recorreremos a alguns episódios e debates da História da Ciência e elementos da cultura popular que serviram de subsídios para analisar a gênese histórica do conceito de Lua e os sentidos a ela atribuídos. Ainda como parte dessa dissertação, apresentamos e avaliamos a implementação de uma proposta didática para os anos finais do Ensino Fundamental cujo propósito era de ensinar a Lua e suas fases e discutir alguns de seus outros sentidos históricos e culturais. As atividades propostas foram bastante diversificadas, compreendendo: observação, simulação, modelização, interpretação e produção textual, desenho, entrevistas, tomadas de medidas e estimativas. As avaliações dos alunos apontam uma compreensão adequada do modelo astronômico.

Palavras-chave: Ensino e aprendizagem, Ensino de Ciências, Formação de conceitos, Teoria histórico-cultural da Atividade; Fases da Lua.

ABSTRACT

Lago, L. G. **Moon: phases and facets of concept**. 2013. Dissertation (master) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

In this project we reflect on the Astronomy Education, in particular the content of the phases of the Moon, with respect to the formation of concepts from cultural-historical activity theory. From this framework, we developed a theoretical proposition that relates a given concept with its genetic activities, i.e., activities historically determined and culturally systematized which the concept emerges directed to a purpose. The proposition that we called a concept-activity. The implication of this relationship is that the concepts are understood as open, dynamic, multifaceted and controversial entities. To make clear these qualities from concept to the case of the Moon, we resorting to some episodes and debates of the History of Science. Also as part of this dissertation, we present, discuss and evaluate the implementation of a proposal to the end of secondary school. The sequence of fifteen classes was compiled with the purpose of teaching about the moon and its phases along with some of the other historical meanings attributed by human culture.

Keywords: Teaching and learning, Science Education, Concept formation, Cultural-historical activity theory, Moon phases

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Monumento megalítico *Callanish Stones* na Escócia..... 10
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Callanish_Stones_in_summer_2012_%2811%29.JPG
- Figura 1.2.** Asterismo e figuras das constelações do Escorpião, do anzol e da jararaca 11
Fonte: Rogério Locatelli.
- Figura 1.3.** Registros históricos da supernova que originou a nebulosa do Caranguejo 12
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anasazi_Supernova_Petrographs.jpg
Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:M1rosse.jpg>;
Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Crab_Nebula.jpg
- Figura 1.4.** O alinhamento dos planetas Saturno, Vênus e Marte e da Lua 16
Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap040501.html>
Fonte: <http://www.iau.org/static/archives/images/screen/iau0601a.jpg>
- Figura 1.5.** Modelo do Sistema Solar para os planetas interiores e observação Vênus 17
Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap111201.html>
- Figura 1.6.** Referenciais teóricos usados nos trabalhos de pesquisa 20
Fonte: LELLIOTT e ROLLNICK (2010).
- Figura 1.7.** Concepções espontâneas para o modelo explicativo das fases da Lua 24
Fonte: BAXTER (1989).
- Figura 1.8.** Fases da Lua e calendário mensal 31
Fonte: http://i1092.photobucket.com/albums/i420/JanF-blog/Moons/MOON_PHASES.jpg;
- Figura 2.1.** Estrutura geral de um sistema de atividade 46
Fonte: Cristiano Mattos.
- Figura 2.2.** Mediações da relação sujeito-objeto. 48
- Figura 2.3.** Articulação dos níveis hierárquicos do conceito-atividade fases da Lua. 54
- Figura 2.4.** Desenhos da superfície da Lua elaborados por Leonardo da Vinci. 64
Fonte: REAVES e PEDRETTI (1987).
- Figura 2.5.** Desenhos da superfície da Lua elaborados Thomas Harriot e Galileu Galilei. 67
Fonte: http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1609_726.gif
Fonte: http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1610_717.gif
Fonte: http://www.brown.edu/Departments/Physics/Ladd/lya/moon_lg.jpg
- Figura 2.6.** Objetos sólidos utilizados na técnica de pintura do *chiaroscuro*. 68
Fonte: <http://www.princeton.edu/~freshman/science/galileo/galileo.html>
- Figura 2.7.** Registros em telas e afresco da A ascensão da Virgem Maria. 69
Fonte: <http://www.nationalgallery.org.uk/paintings/diego-velazquez-the-immaculate-conception>;
Fonte: <http://www.wikipaintings.org/en/bartolome-esteban-murillo/the-assumption-of-the-virgin-1670#supersized-artistPaintings-199256>;
Fonte: http://farm7.staticflickr.com/6072/6051852088_e3f7a78218_o.jpg

Figura 3.1. : Exemplos da apresentação dos alunos sobre a atividade 1.....	83
Figura 3.2. : Exemplos da apresentação dos alunos sobre a atividade 2.....	85
Figura 3.3. : Esquema das fases da Lua do livro didático... ..	86
Figura 3.4. : Exemplos da apresentação dos alunos sobre a atividade 3.....	87
Figura 3.5. : Detalhes dos registros da observação da Lua.... ..	89
Figura 3.6. : Exemplos de cartazes produzidos pelos alunos para atividade 4... ..	90
Figura 3.7. : Caixa de papelão para simulação das fases da Lua... ..	92
Fonte: SARAIVA et al. (2007).	
Figura 3.8. : Fotografias da sala de aula durante a atividade 5.....	93
Figura 3.9. : Exemplos do registro dos alunos para a primeira questão da atividade 5.....	95
Figura 3.10. : Esquema da caixa de papelão desenhado na lousa pelo professor.....	96
Figura 3.11. : Exemplos do registro para a segunda e terceira questões da atividade 5.....	97
Figura 3.12. : Fotografias da sala de aula durante a atividade 6.....	101
Figura 3.13. : Exemplos do registro dos alunos para a primeira questão da atividade 6.....	104-5
Figura 3.14. : Exemplo do registro segunda questão da atividade 6 (B5).....	107
Figura 3.15. : Alguns slides da apresentação da atividade 7.....	108
Figura 3.16. : Imagem do simulador das fases da Lua.....	108
Figura 3.17. : Imagem da sala de aula obtida da gravação da atividade 7.....	110
Figura 3.18. : Alguns slides da apresentação da atividade 8.....	111
Figura 3.19. : Fotografias da sala de aula durante a atividade 9.....	112
Figura 3.20. : Exemplo dos desenhos para ilustração das quatro teorias de origem da Lua... ..	113
Figura 3.21. Exemplo de texto argumentativo elaborado pelos alunos para atividade 9:.....	116
Figura 3.22. : Alguns slides da apresentação da atividade 10.....	119
Figura 3.23. : Desenhos dos alunos para a primeira questão do questionário.....	121
Figura 3.24. : Desenhos dos alunos para a terceira questão do questionário:.....	123-4
Figura 3.25. : Montagem de telúrio de baixo custo.....	126
Fonte: Ana Carolina Pimentel	
Figura 4.1. : Representação de um conceito.....	140
Figura 4.2. : As dimensões do conceito de Lua:.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Conteúdos de Astronomia presentes no PCNs.....	13
Fonte: LEITE (2006).	
Tabela 1.2. O conteúdos astronômicos investigados em trabalhos de pesquisa.....	19
Fonte: LELLIOTT e ROLLNICK (2010)	
Tabela 3.1. Extratos das respostas dos alunos para a primeira questão da atividade 5	94
Tabela 3.2. Avaliação das respostas para as segunda e terceira questões da atividade 5	98
Tabela 3.3. Extratos das respostas dos alunos para a quarta questão da atividade 5	99
Tabela 3.4. Avaliação das respostas para as segunda e terceira questões da atividade 5	102
Tabela 3.5. Resumos dos textos argumentativos de uma das teorias de origem da Lua.	114
Tabela 3.6. Inventário dos conceitos relacionados pelos alunos na segunda questão	122

SUMÁRIO

Introdução	1
-------------------------	----------

Capítulo 1 - Astronomia, gêneses e usos

1.1. Astronomia e atividades	9
Astronomia no currículo escolar	13
A representação do modelo de Sistema Solar e seu uso	15
1.2. Levantamento bibliográfico: ensino das fases da Lua	18
Delineando o problema I - a sala de aula e a escola	25
Delineando o problema II - o conhecimento e a educação	29

Capítulo 2 - A formação de conceitos a partir da Teoria da Atividade

2.1. A perspectiva cultural-histórica e a Teoria da Atividade	33
2.2. O conceito e os sistemas de conceitos	36
2.3. O sistema de atividade	44
2.4. O sistema de conceitos e o sistema de atividade uma aproximação	48
O conceito-atividade fases da Lua	53
2.5. Conceito como atividade	55
Exemplos da gênese histórica e debates sobre a natureza da Lua	58

Capítulo 3 - A proposta de intervenção e a análise dos dados

3.1. Perspectiva da Teoria da Atividade para aprendizagem	73
3.2. A intervenção, os dados e algumas análises	79
O contexto escolar	79
A sequência didática e análise dos dados.....	81
Questionário final - sete meses depois.....	119
3.3. Conclusão	124
Como foi o ensino-aprendizagem das fases da Lua?	124
Como foi o conceito-atividade Lua chegou na sala de aula?.....	127

Capítulo 4 - Conclusão

Preâmbulo.....	129
4.1. Discutindo o problema I - Concepções e os artefatos culturais.....	130
4.2. Discutindo o problema II - A articulação das atividades escola-mundo.....	136
4.3. A guisa de conclusão - Conceitos e formação de conceitos.....	139

Referências bibliográficas.....	143
----------------------------------------	------------

Anexos.....	155
--------------------	------------

Introdução

1. Reflexões iniciais

[...] você não pode ligar os pontos olhando para frente; você apenas pode ligá-los olhando para trás. Então você tem que confiar que os pontos vão, de alguma forma, se ligar no seu futuro. Você tem que confiar em alguma coisa – sua força, destino, vida, karma, qualquer coisa. Isso nunca me deixou na mão, e tem feito toda a diferença na minha vida (JOBS, 2005).

Com a proposta de escrever um memorial sobre minha história pessoal e profissional, logo veio à minha mente as aulas da terceira série do ensino fundamental, trabalhos das feiras de ciências e algumas aulas da graduação em licenciatura em Física. A partir desses e outros momentos não destacados, tenho a certeza que enquanto algumas de nossas escolhas são conscientes e voluntárias, outras parecem simplesmente “acontecer” no percurso de nosso caminho. Essa reflexão me trouxe à lembrança um discurso de Steve Jobs, presidente-fundador da *Apple* e estúdios de animação *Pixar*, como paraninfo de uma turma na Universidade de Stanford. Ao discorrer sobre sua trajetória, Jobs conta que não podemos inferir nosso futuro olhando para o futuro, sugerindo que as escolhas do presente podem ter consequências inimagináveis. No meu caso, a simples escolha do período em que cursar uma disciplina resultou nessa dissertação de mestrado. Por falar em trajetória e escolhas, vamos a eles...

2. Primeiros passos – astronomia e escolarização

Só existe um caminho: penetre em si mesmo e procure a necessidade que o faz escrever. Observe se esta necessidade tem raízes nas profundezas de seu coração. Confesse à sua alma: “Morreria, se não me fosse permitido escrever”? [...] Examine-se a fundo, até achar a mais profunda resposta. Se ela for afirmativa, se puder fazer face a tão grave interrogação com um forte e simples “Sou”, então construa a tua vida em harmonia com esta necessidade. (RILKE, s/d p.93).

Minha primeira curiosidade científica talvez esteja associada a uma aula na terceira série do ensino fundamental em que a apostila falava sobre o Sistema Solar. Eu sempre gostava das aulas de Ciências, em particular as que abordavam a Terra e o Universo. Como continuidade da aula, em casa, nós deveríamos colorir as figuras e responder às questões da apostila. Ao fazer a lição, lembro-me do meu entusiasmo e facilidade com o tema. Em pouco tempo já tinha perguntas sobre todos os planetas.

A partir desse meu entusiasmo, meus pais me levaram ao planetário de São Paulo e matricularam-me em um curso de Astronomia para crianças nas quartas-feiras à tarde. Além desse, acabei fazendo outros quatro cursos, agora para adultos e no período noturno. Nesses, o professor versava sobre catetos, hipotenusas, esfera celeste, nebulosas e cosmologia, entre outros temas que não conseguia compreender completamente, mas mesmo assim sempre mantinha minhas anotações no caderno.

Na escola, quando eram propostos trabalhos do tipo feira de ciências, os meus sempre eram de Astronomia e continham longos relatórios escritos, maquetes, cartazes e sinopses para distribuir entre os visitantes. Essa paixão pela Astronomia me fez escolher a carreira de astrônomo desde muito cedo, ainda durante o ensino fundamental. Afinal, como nos versos de Rilke, a resposta de minha alma era um profundo “sim” para essa Ciência.

Fui então para o Ensino Médio conhecer a Física. A minha relação com a matéria, que no início pareceu bem complicado, com fórmulas das posições, velocidades e tempo que eu não conseguia operar, mas acabou evoluindo muito bem, tanto fiquei com média dez no último bimestre da terceira série do ensino médio. Dentre os diferentes “estilos” dos professores, tinha empatia com todos, desde o “gente boa”, que não aprofundava as discussões e ensinava por exercícios, até o mais formal que ditava os enunciados físicos e elaborava exercícios-desafios. Esse último dominava o conteúdo a ponto de conduzir todo o curso de Eletromagnetismo de “cabeça”, sem seguir livros ou anotações. Ele pegava o giz, fazia e acontecia... Por meio desses professores comecei a me vislumbrar como professor. Continuava fixo com o percurso astronômico, mas pensava agora em ministrar aulas e criar relações afetuosas com os alunos. Era só ser aprovado no vestibular...

3. A graduação em Física e o mestrado em Astronomia

Como todos os jovens, eu decidi ser um gênio, mas felizmente o riso interveio (DURRELL, 160:128, tradução nossa¹).

Passado o vestibular, chego ao famigerado curso de bacharelado em Física na Universidade de São Paulo. Se as ementas das disciplinas eram interessantes, apresentavam conceitos e teorias do átomo ao cosmos, as aulas não eram tão provocativas. A certeza de ganhar um prêmio Nobel desapareceu logo na primeira semana.

Poucos professores empolgavam quando discorriam sobre conteúdos e raríssimos, talvez dois, conseguiram estabelecer uma relação afetuosa com os alunos. Do início ao fim o ensino foi burocrático. As melhores lembranças constam de conversas com os amigos na lanchonete, que, entre muitos assuntos estava também a Física. Apesar de cursar o bacharelado, por uma questão de independência financeira, ânsia por responsabilidade e curiosidade comecei a lecionar desde o segundo ano da graduação. Por vezes penso que tenho pouca experiência com ensino, mas entre aulas, plantões, palestras, assessoria pedagógica, autoria e edição de material didático, trabalho com educação a mais de treze anos. Mas como o sonho era forte e essencial, conclui o curso de bacharelado e segui para o mestrado em Astronomia, com projeto encaminhado e dois anos de iniciação científica na área.

No mestrado houve pouca mudança com relação à cultura burocrática e pragmática de ensino, e em alguns casos também na pesquisa. Durante os dois anos de mestrado, com direito a participação em congressos e três artigos publicados em revistas internacionais, comecei a cursar a licenciatura em Física. A decisão de iniciar o curso teve várias razões. Primeiro porque eu iria estar na Universidade por mais dois anos e poderia frequentar as disciplinas sem problemas. Segundo porque havia uma curiosidade quanto ao curso, além também de considerar um investimento em uma futura carreira de professor.

Eis então que encontro um ambiente mais dinâmico e culturalmente mais rico. Pela primeira vez participo de discussões sobre filosofia da Ciência e

¹Like all young men I set out to be a genius, but mercifully laughter intervened.

os professores se mostravam mais interessados nos alunos. Nesse ínterim, minha desmotivação com a pesquisa foi tamanha que um dia olhando para a tela do meu computador eu me perguntei: “Pra quê eu quero saber isso?”. Outro sinal da mudança de meu interesse, é que nas livrarias passei a ir para a estante de pedagogia ao invés de ir para a estante da Física, mudança também que se refletiu em minhas leituras, começando incipientemente com Rubem Alves. Uma das leituras mais marcante nessa época foi o livro **Entre a ciência e a sapiência – o dilema da educação**.

No último semestre da licenciatura curso a disciplina **Elementos e Estratégia para o Ensino de Física**. O professor, que por sinal era o Cristiano, problematizava discussões epistemológicas, ontológicas e axiológicas para o ensino-aprendizagem de Física, passando pela filosofia da Ciência e filosofia da educação por meio da abordagem cultural-histórica e humanista de Paulo Freire. Com as discussões propostas nas aulas, minha percepção do trinômio Sujeito-Educação-Ciência é complexificada, no sentido de reconhecê-los como integrados, não sendo possível pensar em um desses elementos sem pensar na relação dele com os outros dois. A perspectiva de pesquisa do Cristiano pareceu-me relacionar a compreensão do ser humano como uma forma de “ser no mundo” e daí ganhar sentido as questões do ensino de Ciências e de sua relação com a cultura e sociedade. Essa síntese pode ser verificada em um de seus trabalhos, ao discutir os pressupostos dos objetivos por trás de uma determinada perspectiva pedagógica:

A questão em jogo aqui está em não só determinar o papel epistemológico do conhecimento científico, mas, também, em como torná-lo conhecimento cotidiano vivencial, mais ainda, conhecimento vital. [...]

Essa escolha indica o modo de vida que se manifesta na ação. Para alguns, ela determina a preocupação de **como ensinar** ciência, para outros, a preocupação de **como aprender** ciência, outros ainda **para que** ensinar e aprender ciência (MATTOS, 2010:143).

Deste encontro surge o meu interesse no estudo do referencial teórico e o desenvolvimento de um projeto de pesquisa em Ensino de Física. O intuito agora é ser um educador reflexivo e transformador.

4. A peregrinação e o projeto de mestrado

Aquilo em que um homem se torna é sua própria responsabilidade. Ou ele se faz a si mesmo ou, num certo sentido, consente em ser feito por outros (KNELLER, 1978:86).

Da colação de grau da licenciatura e da defesa de mestrado ao início do mestrado em Ensino de Ciências foram cinco anos em busca de uma questão vital para o projeto e para vida.

Livre no mundo e sem uma perspectiva concreta, minha caminhada em voo solo começa com a responsabilidade de uma carga de 44 aulas semanais em um colégio particular. Assim, entre chamadas, diários, provas e correções, trabalhos e correções, reuniões pedagógicas e de pais, preparação para os exames vestibulares e o ensino de competências e habilidades, quase sucumbi.

A segunda aposta foi em uma empresa de elaboração e comercialização de material didático de Ciências. Foi interessante, pois além de escrever um livro de Astronomia, fiz parte de uma equipe de formadores de professor que viajava o Brasil apresentando, discutindo e vendendo o material didático. O fato é que em poucos lugares temos a oportunidade de estar em uma reunião com o Cristovam Buarque em uma terça-feira e em uma escola em Parelheiros, região sul de São Paulo, na quinta-feira seguinte. Também conheci professores e escolas de Brasília, Gama, Goiânia, Aracajú, Salvador e Rio de Janeiro, tanto da rede pública quanto privada.

A seguir tive o convite de uma grande editora para ser editor de texto em coleções de Ciência e Física. Outra excelente experiência. Afinal conduzir a produção de livros deste a discussão inicial do projeto com os autores, fazer toda edição do texto, indicar e avaliar ilustrações e fotografias e gerenciar toda diagramação e revisão é um desafio. O trabalho é ao mesmo tempo amplo, ao discutir a divisão do conteúdo nas unidades do determinado volume, e bastante específico, ao decidir a melhor posição para uma determinada fotografia de determinada página. Em três anos, tive a oportunidade de editar três coleções, revistar todos os conteúdos e refletir sobre o ensino ao pensar no aluno que estaria lendo o livro no final da cadeia produtiva. A atividade de editor me

possibilitou desenvolver uma prática mais metódica e objetiva, além de uma sensibilidade para escrever para diferentes públicos.

Nesses cinco anos, visitei o Cristiano semestralmente para conversar sobre algumas inquietações que permaneciam em meu ser e discutir alguns possíveis projetos de pesquisa. Em cada encontro falávamos de temas ou métodos diferentes, sendo que o último encaminhou-se para um projeto voltado para educação ambiental. Mas como projetar é lançar para o futuro, o projétil foi mudando de direção e atingiu um outro alvo. Inspirados em alguns trabalhos sobre o ensino das fases da Lua a partir da Teoria da Atividade, voltamos a esse tema para ampliar a discussão e contribuir com o nosso olhar.

5. Do caminho, do aprendizado e das relações humanas

Continue com fome, continue bobo (JOBS, 2005).

Vendo as pegadas de meu caminho, acredito que as marcas mais fortes estão no campo do conhecimento, aqui representado na Física, na Astronomia, no seu ensino e aprendizado e na curiosidade científica em compreender a Natureza.

Entretanto, não me bastou conceber esse conhecimento como a única forma de conhecer o mundo. Nesse memorial pode-se observar, por exemplo, quando descrevo os anos como aluno, o valor que atribuo às relações com os amigos e professores. Concordo com Paulo Freire ao afirmar que “ninguém aprende nada sozinho, aprendemos em comunhão”, as relações humanas são necessárias para o aprendizado. É no diálogo que nos constituímos como ser, que compartilhamos sentidos e damos significado ao mundo por meio dos conceitos e enunciados. Por que não uma educação com base no diálogo e na colaboração coletiva com o objetivo de promover o engajamento produtivo não só científico, mas social e político com relação à Ciência?

No início dessa seção coloquei o final do discurso do Steve Jobs que, em minha opinião, sintetiza o que é ser aluno: continuar curioso, para sempre aprender, e continuar humilde para estar aberto a trocas. As dificuldades são impostas pelo correr da vida independentemente das escolhas que fizemos, podemos escolher enfrentá-las ou desistir. Voltando à primeira citação, a esperança é a crença que de alguma maneira os pontos se ligarão no futuro.

6. Estrutura da dissertação

O objetivo deste projeto é analisar a formação de conceitos a partir da perspectiva da Teoria Atividade e suas implicações no Ensino de Ciências. A Lua, com suas fases e facetas, foi o mote para discutir a relação dos sujeitos com o conhecimento astronômico e o seu ensino-aprendizagem. Esse desafio é apresentado nesta dissertação em quatro capítulos.

O primeiro capítulo, **Astronomia, gêneses e usos**, tem como objetivo mostrar as origens do conteúdo astronômico imbricados dentro das atividades humanas, tidas como históricas, sociais e culturais.

Com essa perspectiva genética, avançamos para o segundo capítulo que versa sobre **A formação de conceitos a partir da Teoria da Atividade**. Iniciamos o texto com uma apresentação do sistema de conceitos de Vygotsky e do sistema de atividades de Leontiev com o objetivo de aproximar os dois referenciais. Na segunda metade do capítulo, introduzimos a noção de conceito-atividade, uma categoria de análise do conhecimento e aprendizado humanos. A sistematização dessa elaboração teórica é feita pelo mapeamento da gênese do conceito de Lua.

Com o referencial teórico-metodológico partimos para o terceiro capítulo em que apresentamos **A proposta de intervenção e a análise dos dados**. Elaboramos e implementamos uma proposta didática com quinze aulas para o nono ano do Ensino Fundamental, cuja intenção foi ensinar sobre a Lua, suas fases, juntamente com alguns dos outros sentidos históricos atribuídos a ela pela cultura. Nele, fazemos ainda a análise dos resultados dessa intervenção.

A **Conclusão**, quarto e último capítulo, amplia a proposição teórica do conceito-atividade e discute sua implicação no ensino escolar. Nesse capítulo discorreremos ainda sobre o papel da mediação dos artefatos culturais na formação das concepções e a articulação da atividade escolar com o mundo

O exercício de sintetizar de maneira objetiva a pergunta de pesquisa que uma dissertação pretende responder pode ser uma tarefa muito difícil. Em nosso caso, ela está intimamente ligada à nossa proposição teórica. Por isso, tentaremos prover insumos para discutir a implicação no ensino-aprendizagem de conceitos quando os entendemos como conceitos-atividades, construtos humanos abertos, dinâmicos, multifacetados e controversos.

Capítulo 1 – Astronomia, gêneses e usos

A primeira seção deste capítulo tem como objetivo contextualizar a Astronomia como uma atividade sócio-histórica-cultural e discutir questões relativas ao ensino e uso desse conhecimento. Na segunda apresentamos uma revisão bibliográfica da literatura em Ensino de Ciências com relação ao ensino das fases da Lua, tema desta dissertação.

1.1 Astronomia e atividades

Considerada como o primeiro conhecimento científico sistematizado, a Astronomia apresenta registros antigos, documentados de diversas formas, como pinturas rupestres e observações gravadas com escrita cuneiforme em placas de barro (MORISON, 2008; POPOVIC, 2012). Por exemplo, Karttunen et al. (2003) descrevem a existência de gravuras em ossos de 30 000 anos, que podem representar as fases da Lua. Outros estudos apontam tradições de culto em homenagem a entidades e conjuntos de estrelas na época do paleolítico (10 000 a.C.), sendo que registros celestes mais precisos, principalmente dos sumérios, babilônios e assírios, datam de cerca de 3 500 a.C. (KRUPP, 2003, KELLEY & MILONE, 2011). Em suma, a relação do ser humano com o céu é antiga.

Outro exemplo da presença da Astronomia na Antiguidade são as construções megalíticas, grande edificações com base em blocos de pedras. Além da famosa Stonehenge, no sul da Inglaterra. Outra curiosa configuração de pedras no Reino Unido, encontrada na Escócia, é o monumento *Calanais Stones* – que consiste de um círculo central de 13 pedras com altura média de quatro metros – provavelmente usado para a observação da Lua e do movimento de precessão de sua órbita, com período de 18,6 anos (CALANAIS STONE). No centro da construção há uma câmara de sepultamento, mostrando assim a relação do céu com a vida terrena.



Figura 1.1: Monumento utilizado para fins religiosos e observações astronômicas, construído na Escócia no final período neolítico (3 000 a.C.).

O conhecimento sobre o céu presente nessas culturas estava ligado principalmente à contagem do tempo, isto é, à ocorrência regular dos dias e das noites e das estações do ano. Como a vida do ser humano é fortemente influenciada pelo ambiente, antever suas variações e determinar as melhores ocasiões para plantar e colher é um fator de sobrevivência. A dinâmica do céu passou a ser utilizada como calendário ao associar uma configuração de estrelas, que aparecia no céu noturno em determinada posição e época, com as condições do meio ao redor dos povoados (JAFELICE, 2010; AFONSO, 2013).

Como exemplo, podemos citar o conhecimento dos antigos egípcios da relação entre o nascimento da estrela Sirius, instantes antes do nascer do Sol (chamado nascer helíaco), e a cheia do rio Nilo.

Além de calendário, o firmamento celeste era, e ainda é, o lugar do mítico, implicando que as mudanças do ambiente não teriam uma causa natural, mas dependeriam da vontade de deuses e outros seres fantásticos. Essa forma de interação do ser humano com o céu foi desenvolvida em outra matriz conceitual que originou a Astrologia. Desta maneira, os movimentos dos astros, juntamente com a ocorrência de fenômenos atmosféricos, como raios e trovões, se tornaram instrumentos que determinavam o presente e o futuro dos povos terrenos.

Esse conhecimento mítico-científico era passado de geração em geração pela tradição oral na forma de mitos que combinavam elementos reais e imaginários como, por exemplo, as mitologias das constelações.

Cada civilização desenvolveu seu próprio conhecimento sobre o céu e estabeleceu relações entre a dinâmica celeste e o ambiente em que vivia. Instalados em locais diversos e partindo de tradições diferentes, cada povo olhou para o céu e para seu meio com olhos “próprios”. Isso mostra o quão cultural é o conhecimento astronômico, contrapondo uma concepção que o considera uma ciência natural, exata, lógica, em que se “descobre a verdade”. A figura da constelação do Leão nunca poderia ser fruto da imaginação dos aborígenes australianos ou dos esquimós do Ártico, o que valida a concepção de um céu profundamente ligado a tradições culturais particulares.

Existem constelações e mitos elaborados por diferentes culturas a partir do mesmo agrupamento estelar. Por exemplo, na mesma região do céu onde hoje reconhecemos a figura do escorpião, fruto de nossa colonização e hegemonia da cultura ocidental, povos como os maoris, da Nova Zelândia, e os tupis-guaranis, grupo indígena que povoou boa parte do Brasil e da América do Sul, enxergaram um anzol e uma cobra, “Anã”, respectivamente (SELIN, 2000; CARDOSO, 2007).

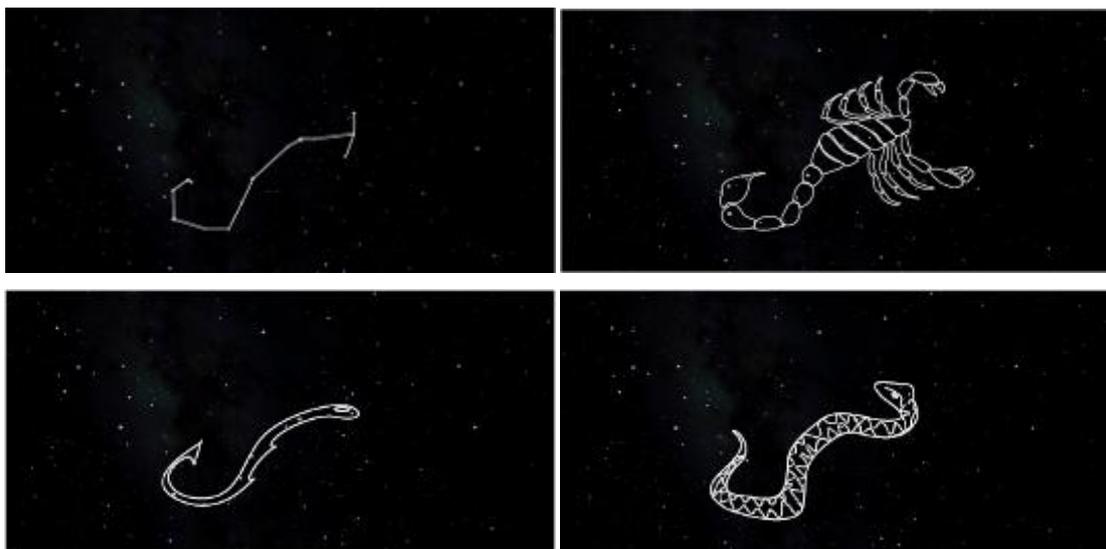


Figura 1.2: Asterismo e figura da constelação do Escorpião, e as figuras do anzol e da jararaca.

Este conhecimento que temos atualmente sobre a astronomia de outras culturas advém da Astronomia Cultural, uma área de pesquisa interdisciplinar com produção crescente nos últimos anos e que, por meio da associação da Astronomia com a Antropologia, estuda os conhecimentos astronômicos de outros povos (LIMA & FIGUEIRÔA, 2010). Dentro desse

campo, podemos ainda destacar a Arqueoastronomia, que foca nos vestígios arqueológicos do saber de culturas das quais, na maioria das vezes, não temos mais contato e a Etnoastronomia, que estuda as culturas que podemos contatar e conviver. Esse ramo utiliza a imersão etnográfica como método de coleta de dados para conhecer a maneira que determinado povo interpreta o céu.

Nos dias atuais, a visão mais difundida do cosmo é proveniente dos “olhos” dos telescópios e da Ciência, com seus modelos e explicações. Pode-se dizer que essa perspectiva teve origem com Galileu Galilei, que, além de enfatizar o uso da linguagem matemática e da modelização para a descrição da Natureza, apontou sua luneta para os astros do céu e forneceu as bases para a unificação da física dos céus e da terra. Como exemplo de evolução histórica e tecnológica da observação astronômica, apresentamos três registros para o mesmo objeto celeste, uma remanescente de supernova.



Figura 1.3: Em 1054, uma explosão da supernova que originou a nebulosa do Caranguejo. Na época ela foi representada em pinturas rupestres de povos nativos norte-americanos (à esquerda da Lua). Em 1844 por Lorde Rose, e entre 1999 e 2000 pelo telescópio Hubble.

Por se tratar de uma atividade histórica e cultural, o estudo dessa área científica, em toda a sua amplitude, é relevante para a formação de um aluno consciente tanto de seu lugar no Universo, quanto na história da humanidade. Contudo, para este objetivo formativo, não basta somente os conteúdos científicos, no sentido de conhecer as escalas de tamanho e de tempo do

cosmo, mas também da própria história e cultura, propondo aos sujeitos, um autoconhecimento a partir da Ciência, em particular da Astronomia.

Esta dimensão filosófica permite aos alunos sair do seu cotidiano imediato, dos problemas da comunidade local e seguir rumo à compreensão das relações dos encantos do cosmos e do próprio conhecimento com seu viver.

Astronomia no currículo escolar

O estudo celeste é previsto e incentivado nos currículos das esferas federais, estaduais e municipais, desde 1998, principalmente por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). Sendo “parâmetros”, o documento não traz propostas metodológicas explícitas ou mesmo atividades didáticas.

Soler (2012) reconhece que o documento nacional é derivado dos resultados da pesquisa em Ensino de Astronomia, e Leite (2006) elaborou um quadro síntese com a distribuição dos conteúdos de Astronomia relacionados no eixo temático Terra e Universo, na disciplina de Ciências, para as séries finais do Ensino Fundamental¹. Lembramos que os PCNs foram apresentados em oito séries (atuais 2^o e 9^o anos) e divididos em quatro ciclos.

Tabela 1.1: Conteúdos de Astronomia presentes no PCNs.

Terceiro ciclo (5^a e 6^a séries)	Quarto ciclo (7^a e 8^a séries)
<ul style="list-style-type: none"> - Observação direta: nascimento e ocaso do Sol, Lua e estrelas. Reconhecer natureza cíclica. Calendário. - Sistema Solar, planetas, cometas e outros corpos celestes. Concepção de Universo. - Caracterização da constituição da Terra e das condições de existência da vida. - Conhecimento dos povos antigos para a explicação de fenômenos celestes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observação direta: constelações e estrelas. - Atração gravitacional: marés e órbitas. - Observação e modelo explicativo: Estação do ano, fases da Lua e eclipses. - Modelo geocêntrico e heliocêntrico. - Modelo de formação da Terra.

Fonte: LEITE (2006).

¹ Para uma discussão mais detalhada sugerimos a leitura de Soler (2012), principalmente a seção 3.4 “Temas e conteúdos de Astronomia nos PCN”.

O documento apresenta considerações sobre a relevância dos conteúdos astronômicos, suas relações com outras disciplinas e associações com aspectos culturais e filosóficos. Como ilustração, destacamos:

Os estudantes devem ser orientados para articular informações com dados de observação direta do céu, utilizando as mesmas regularidades que nossos antepassados observaram para orientação no espaço e para medida do tempo, o que foi possível muito antes da bússola, dos relógios e do calendário atual, mas que junto a eles ainda hoje organizam a vida em sociedade em diversas culturas, o que pode ser trabalhado em conexão com o tema transversal Pluralidade Cultural. (Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998:38)

Compreender o Universo, projetando-se para além do horizonte terrestre, para dimensões maiores de espaço e de tempo, pode nos dar novo significado aos limites do nosso planeta, de nossa existência no Cosmos, ao passo que, paradoxalmente, as várias transformações que aqui ocorrem e as relações entre os vários componentes do ambiente terrestre podem nos dar a dimensão da nossa enorme responsabilidade pela biosfera, nosso domínio de vida, fenômeno aparentemente único no Sistema Solar, ainda que se possa imaginar outras formas de vida fora dele. (Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998:39)

Para os dois ciclos finais, o documento enumera alguns conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes. Dos dez tópicos apresentados, gostaríamos de destacar dois que tem relação com a discussão da natureza do conhecimento astronômico que delineamos nas primeiras páginas deste capítulo.

- observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário;(Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998:66)
- valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje.(Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998:96)

Nos extratos selecionados pode-se encontrar uma reflexão sobre uma possível didática da Astronomia que ressoa com a perspectiva sócio-histórico-cultural deste conhecimento que discutimos anteriormente. Afinal, antes das estrelas serem “esferas autogravitantes de gás ionizado, cuja fonte de energia é a transmutação de elementos através de reações nucleares [...]” (OLIVERA & SARAIVA, 2004:227), elas foram deuses - ou seus intérpretes -, e foram relógios para contar a passagem do tempo e também mapas para localização e navegação. Contar a narrativa científica é contar somente parte do percurso do ser humano no estudo do firmamento.

Continuando com nossa argumentação, vamos problematizar a gênese de um dos conceitos astronômico mais conhecido, o seu respectivo modelo e uso, o Sistema Solar.

A representação do modelo de Sistema Solar e seu uso

Enquanto as observações do céu são feitas, evidentemente, a partir da perspectiva do observador (que chamaremos também de antropocêntrica²), as representações dos modelos astronômicos partem de outro referencial, a “visão externa”, por exemplo, a visualização acima do plano do Sistema Solar (perspectiva que chamaremos também de heliocêntrica). Essa separação pode fazer com que os sujeitos alunos não relacionem os astros das representações com os astros que observam no céu.

Para aprofundar e ilustrar um pouco mais essa problemática, vamos discutir a observação dos planetas no céu noturno. Ao solicitar que uma pessoa localize os planetas que podem ser observados, por exemplo, no início da noite, a maioria delas ficará procurando por todo o céu algum astro mais brilhante ou de cor diferenciada.

No entanto, o fato é que esses astros não ocupam qualquer lugar do firmamento. Como podemos saber disso? Ou pela observação sistemática, tal como fizeram nossos antepassados, ou “usando” o modelo do Sistema Solar que temos em mente. Em geral, a mesma representação que encontramos nos livros didáticos, composto pelo Sol e pelos oito planetas.

² Não estamos utilizando termo “antropocêntrico” com seu peso e o rigor filosófico, mas somente para denotar a perspectiva de visualização dos fenômenos astronômicos a partir do observador.

Apesar de conhecer essa representação e até estar consciente de que esses corpos celestes estão todos aproximadamente no mesmo plano, parece que não associamos essa característica ao céu das observações em campo.

Caso estivéssemos conscientes deste modelo e de suas implicações, de forma realmente significativa, bastaria olhar para o firmamento celeste no final da tarde, acompanhando o poente, e procurar os planetas na faixa do céu que contém a trajetória aparente do Sol. Em outras palavras, se os planetas pertencem a um determinado plano no espaço, isso deve ser refletido na observação a partir de qualquer referencial, e devem, portanto, formar um plano também para quem os observa a partir da superfície terrestre.

De fato, os planetas podem ser encontrados somente em uma estreita faixa do céu, de cerca de 8° de largura que, por definição, é a faixa que se encontram as constelações do zodíaco. A saber, a palavra zodíaco quer dizer caminho dos animais, por conta da grande presença de constelações cujas figuras representam animais (MOURÃO, 1987).

O zodíaco de Dendera, um planisfério esculpido em pedra encontrado na margem do rio Nilo, é tido como o zodíaco egípcio mais antigo que se tem notícia (MOURÃO, 1987). Datado de 50 a.C. o instrumento mostra que este povo já tinha o conhecimento sobre a posição dos planetas no céu. Mas como teriam criado este modelo? Muito provavelmente a partir de sua experiência vivencial, oriunda das constantes e sistemáticas observações celestes.



Figura 1.4: Modelo do Sistema Solar (a). O alinhamento dos planetas Saturno, Vênus e Marte, juntamente com a Lua e a posição do pôr do Sol evidenciam aproximadamente a eclíptica, o plano da órbita terrestre (b).

Em geral, as pessoas não usam os modelos aprendidos na escola e nos livros durante a atividade de observação do céu ou na interação com o mundo. Na comparação da figura anterior, pode-se ver como é poderoso a associação do modelo (a) com sua atividade genética (b).

Ainda considerando esse exemplo, podemos pensar na observação do planeta Vênus, o astro mais brilhante depois do Sol e da Lua.

Quando realizamos atividades de observação do céu com alunos ou público em geral, notamos que as pessoas procuraram pelo planeta Vênus, conhecido popularmente como estrela D'alva (do alvorecer, repare no nome!), ao longo de toda a noite. Contudo, se de fato compreendessem o modelo planetário, poder-se-ia inferir que ele nunca seria observado durante toda a noite. Por se tratar de um planeta interior (entre o Sol e a Terra), Vênus se encontra angularmente muito próximo ao Sol quando visto da Terra; portanto, é observado somente logo após o poente, entre 18h00 e 21h00, ou logo antes do nascer do Sol, entre 3h00 e 6h00, aproximadamente. Ou seja, um observador que conhece o modelo pode inferir que Vênus nunca será observado no tardar da noite, por exemplo, à meia-noite.

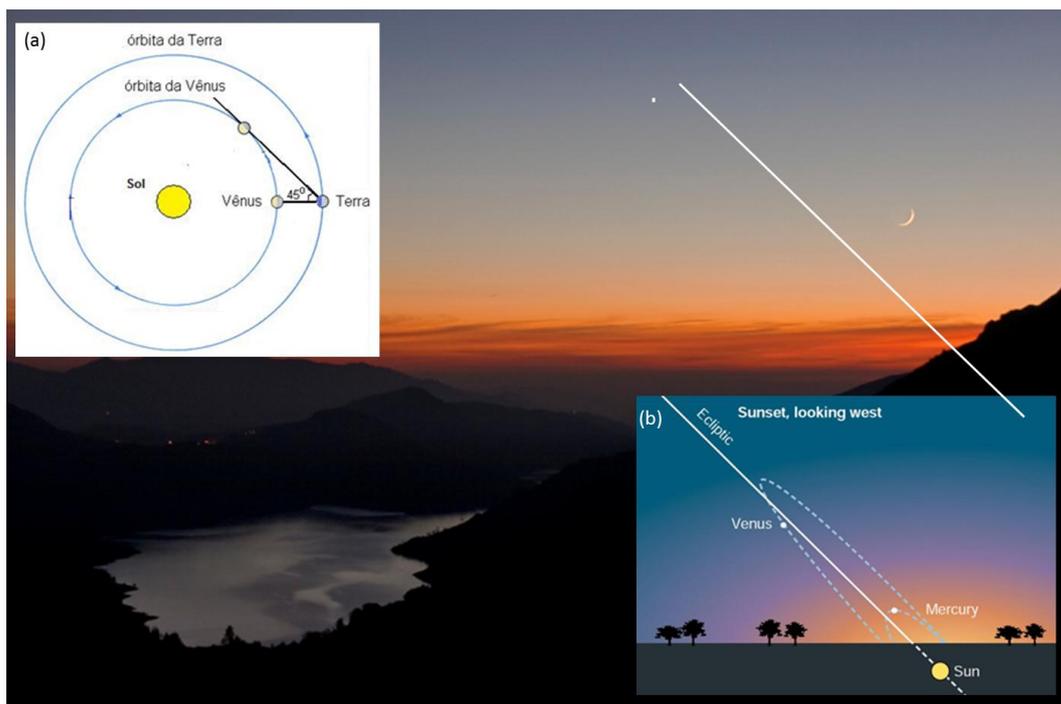


Figura 1.5: Visto a partir da Terra, o planeta Vênus não se distancia angularmente mais do que 50° em relação ao Sol (a). A partir da perspectiva do observador, o planeta também não pode se distanciar muito do Sol, podendo ser observado somente no amanhecer ou entardecer (b). A fotografia ao fundo mostra o planeta Vênus e a Lua logo após o por do Sol.

Como este tipo de elaboração conceitual para chegar a conclusão sobre as condições de observação do astro em geral não ocorre, podemos perguntar: que conceito de Sistema Solar este observador de fato tem? Um conceito que define, nomeia, classifica e categoriza o sistema planetário ou um conceito que o permite ampliar, expandir, construir e reconstruir o sistema?

Nesse exemplo (Figura 1.5) é notório como o modelo ganha significado quando aplicado “conscientemente” na vivência da observação, um momento de imbricação entre teoria e prática que remete à atividade histórica de gênese deste conhecimento.

Nessa seção discutimos o conhecimento astronômico numa perspectiva genética, isto é, nas práticas - na interação do homem com o mundo - em que seus significados foram sendo construídos e desenvolvidos. Desse o ponto de vista, partiremos de um conteúdo específico como as fases da Lua para problematizar a escola e o ensino-aprendizagem como interlocutores entre o conhecimento dos sujeitos e o mundo.

A escolha deste conteúdo levou em consideração diversos fatores, além do gosto pessoal do pesquisador. Primeiro, por tratar-se de um tema com vasta referência na área de ensino de Ciências e com seus problemas de ensino-aprendizagem mais bem delimitados. Segundo, por ser um fenômeno cotidiano que pode ser acessado e estudado por alunos com relativa facilidade. Terceiro, por ter produzido forte significado na existência humana e modernamente estar cristalizado em diversos símbolos e instrumentos culturais como o calendário, por exemplo. E quarto, por ser objeto de pesquisa científica e conteúdo escolar. Estes aspectos históricos e culturais, que podem ser rastreados e mapeados, serão de fundamental importância em nossa dissertação.

Daremos prosseguimento a discussão pela revisão da bibliografia sobre o ensino das fases da Lua.

1.2 Levantamento bibliográfico: ensino de fases da Lua

Os últimos trabalhos de estado da arte mostram que a Educação em Astronomia cresceu sistematicamente nos últimos trinta anos e se consolidou área de pesquisa acadêmica (BRETONES & MEGID, 2011, 2005; BAILEY & SLATER, 2004; MARRONE & TREVISAN, 2009; SLATER, 2008).

Em um interessante e recente trabalho de revisão bibliográfica, Lelliott e Rollnick (2010) apreendem particularmente bem o campo de pesquisa entre 1974 e 2008. Iremos nos deter mais detalhadamente na análise dos resultados desse trabalho. Após pesquisa e leitura de resumos de quase mil trabalhos, os autores selecionaram e analisaram cento e três artigos arbitrados³. Nos próximos parágrafos discutirei alguns resultados deste trabalho de revisão para posteriormente apresentar outras referências.

Na classificação do objetivo de pesquisa descrito nos artigos, os autores encontraram que metade (51%) tratava de uma intervenção didática planejada, enquanto a outra metade consistia em uma análise do conhecimento dos alunos, do material didático ou de um episódio de aula.

Sobre os conteúdos astronômicos pesquisados nos artigos, os autores elaboraram a noção das “grandes ideias” e acomodam todos os cento e três trabalhos em oito categorias temáticas.

Tabela 1.2: As “grandes ideias” dos conteúdos investigados em trabalhos de pesquisa.

“Grande ideia”	Número de estudos
Concepção de Terra	38
Gravidade	25
Dia e noite	35
Estacoes do ano	27
Sistema Terra-Sol-Lua	36
Sistema solar	13
Estrelas e Sol	14
Tamanhos e escala	9
Outros	7

Fonte: LELLIOTT & ROLLNICK (2010)

Na tabela podemos ver que a “concepção de Terra”, “sistema Terra-Sol-Lua” (TSL) e “dia e noite” são os temas mais frequentes, com 109 citações em um espaço amostral de 204 ocorrências. Com a inclusão dos conteúdos sobre “gravidade” e “estações do ano”, evidencia-se uma concentração temática dos trabalhos, com 161 citações, ou quase 80%. De todos os artigos selecionados, somente nove tratam a Lua como único conteúdo.

³ Ver artigo original para maiores detalhes da metodologia e critérios de seleção.

No que se refere aos referenciais teóricos, o estudo mostra uma grande influência dos trabalhos de Piaget, principalmente por meio das concepções espontâneas dos indivíduos e da proposta de mudança conceitual, metodologia fortemente presente no Ensino de Ciências no final do século passado. Verifica-se também uma intensa presença da perspectiva conhecida como modelos mentais, que teve repercussão na década de 1980, principalmente com o trabalho de Johnson-Laird (1980).

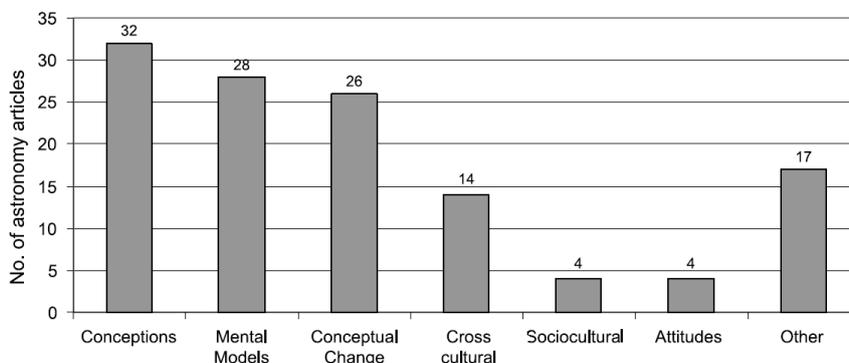


Figura 1.6: Referenciais teóricos usados nos trabalhos de pesquisa (LELLIOTT & ROLLNICK, 2010).

Dos artigos listados no trabalho de revisão, quatro usam o referencial sociocultural, o mesmo adotado nesta dissertação, e catorze analisam estudos transculturais.

Essa distribuição de abordagem teórica evidencia uma contradição entre as áreas de Educação em geral e Educação em Astronomia. Os autores foram buscar quais trabalhos eram os mais influentes, por meio da identificação do número de citações de cada artigo no Google Scholar. Nesta pesquisa, encontram que o sexto artigo mais citado na literatura é de Engeström (1991), um dos quatro trabalhos catalogados como referencial sociocultural. Ou seja, este trabalho, apesar de bastante influente na literatura geral, é pouco conhecido na área de ensino de astronomia.

Sobre as fases da Lua, Lelliot e Rollnick (2010) confirmam os resultados da literatura que afirmam que a explicação do fenômeno é desafiadora para a maioria das pessoas, “os alunos são capazes de descrever as fases da Lua, a maioria deles são incapazes de explicar por que elas ocorrem, ou dar uma explicação coerente do sistema Terra-Sol-Lua.” (p. 1786, tradução nossa⁴).

⁴ students are able to *describe* the Moon phases, most of them are unable to explain *why* the phases occur, or give a coherent account of the Earth–Sun–Moon system

Dos 36 trabalhos selecionados sobre o tema, cerca de um quarto investigou a concepção dos professores ou mudança conceitual, e o restante trabalhou no estudo com alunos do ensino fundamental. Os trabalhos que analisaram a concepção dos professores mostram que apesar deles serem mais conscientes das contradições ou incoerência de suas compreensões, eles falham ao elaborar um modelo coerente. Estudos sobre mudança conceitual com professores sugerem a manipulação de modelos para melhorar a compreensão dos sujeitos.

Como orientações aos professores para elaborarem suas atividades de ensino, Lelliot e Rollnick (2010) apresentam algumas recomendações fruto do resultado das pesquisas. Destacamos que consideramos essas sugestões ao elaborar nossa proposta didática:

- Elaborar atividades que utilizem a manipulação de modelos, tanto físicos como virtuais, permitindo aos alunos compreenderem mais claramente a natureza tridimensional dos conceitos astronômicos;
- Avaliar a complexidade conceitual do conteúdo e a etapa escolar a ser ensinado, pois explicações complexas envolvendo o sistema Terra-Sol-Lua, fases da Lua, estações do ano, gravidade e os conceitos de escala são improváveis de serem entendidos pelas crianças antes de cerca de 10 anos de idade;
- Contrastar explicitamente as concepções alternativas e os diagramas mal elaborados e fora de escala presentes nos livros;
- Desenvolver habilidades visuais e espaciais para aumentar a compreensão do que os diagramas e modelos representam;
- Enfatizar fortemente o ensino da distância e do tamanho para a explicação dos fenômenos astronômicos.

Optamos por iniciar o levantamento bibliográfico analisando esta revisão porque, além de elucidar o estado da área, ela aponta os principais tópicos da pesquisa sobre as fases da Lua, que passarão agora a serem analisados por meio de artigos de pesquisa mais específicos.

Os trabalhos que avaliam a compreensão dos sujeitos sobre o fenômeno lunar partem do levantamento das chamadas concepções espontâneas. Como organização do texto, optamos por discutir inicialmente os trabalhos que detalham essas concepções e a forma como os indivíduos as operam. Depois,

avancaremos para os trabalhos que abordam a problemática do ensino, que analisam basicamente as metodologias empregadas, os livros didáticos e a formação do professor.

No ensino de Ciências as concepções espontâneas (ditas também prévias, intuitivas, ingênuas ou do senso comum), são as elaborações que os indivíduos manifestam quando inquiridos a explicar algum fenômeno. Elas recebem este nome por serem inadequadas do ponto de vista da Ciência e elaboradas a partir da experiência pessoal e, em geral, bastante resistentes a mudanças (TREVISAN & PUZZO, 2006; NARDI & GATTI, 2004; MORTIMER, 2000). Estas concepções estão ligadas aos modelos cotidianos, entendidos como uma construção do indivíduo, análoga ao mundo que representa, e que pode ser manipulado para fornecer previsões ou compreender um evento (VOSNIADOU & BREWER, 1994).

Os modelos cotidianos têm forte vínculo com os sujeitos porque são autorais - desenvolvidos pelos sujeitos a partir de suas experiências imediatas - e porque “funcionam” para explicar o mundo (SHERROD & WILHELM, 2009; KIKAS, 1998; VOSNIADOU & BREWER, 1994). Estes modelos possuem coerência interna, pois, caso o sujeito notasse alguma contradição, poderia descartá-lo ou reelaborá-lo.

Os modelos ditos científicos são os construtos validados e estabilizados pela prática científica e que explicam os fenômenos de maneira adequada (KIKAS, 1998).

Uma proposta de mudança conceitual, abordagem didática frequente na literatura em Ensino de Ciências nas três últimas décadas, deveria levar um aluno que opera com seus modelos cotidianos a operar com seu análogo científico. Como explicam Nardi e Gatti (2004), “[...] na espera de encontrar modelos que propiciassem condições necessárias para que o aluno, a partir de suas ‘concepções espontâneas’, pudesse rejeitá-las em favor das ‘concepções cientificamente aceitas’ pelo ensino formal, os investigadores passam a desenvolver propostas dos chamados modelos de mudança conceitual” (p. 156).

Contudo, entre o preto e o branco, existem infinitos tons de cinza. Após a passagem pelo ensino formal, os sujeitos não deixam de operar com seus modelos cotidianos, mas incorporam neles certos elementos dos modelos

científicos (STAHLY et al., 1999). A essas construções híbridas Vosniadou e Brewer (1994) deram o nome de sintéticos.

Um exemplo desse modelo híbrido, em que certos elementos do modelo científico são considerados em detrimento a outros, pode ser encontrado em Bisch (1998) durante um curso para formação docente⁵. Ao responder sobre o que é a Lua, uma professora responde corretamente, “*É um satélite natural da Terra e que reflete a luz recebida do Sol.*” mas abaixo escreve: “*Obs: na minha opinião eu não concordo muito com essa minha resposta. Pois quando o sol se esconde como pode refletir luz?*” (p. 230).

Esta passagem ilustra que, de alguma maneira, a professora inseriu o conhecimento científico em seu modelo cotidiano. Nota-se ainda a confiança da professora na informação científica recebida, pois, mesmo em contradição com seu modelo, ela incorporou-a. Bisch (1998) chamou este conhecimento de “jargão”, “chavão”, por ter um sentido “desvinculado da rede de significados em que foi concebido” (p. 227).

De maneira geral, os pesquisadores tentam determinar as concepções dos sujeitos e os modelos que operam a partir de questionário ou entrevistas clínicas e uma categorização *a posteriori*.

Os trabalhos de Nussbaum (1979), Baxter (1989) e Vosniadou e Brewer (1992, 1994) - os mais citados da área - discorrem principalmente sobre as concepções de crianças sobre os fenômenos do dia e noite, estações do ano, fases da Lua, formato e gravidade da Terra. De maneira geral, os artigos extraem dos sujeitos basicamente os mesmos modelos, evidentemente existem variações numéricas da quantidade de modelos em cada categoria, mas que não são conflitantes entre si⁶.

Para exemplificar as principais concepções obtidas pelos trabalhos de levantamento das concepções prévias a respeito das fases da Lua, tomemos, por exemplo, Baxter (1989) que elenca cinco categorias para organização dos modelos elaborados por crianças e adolescentes entre 9 e 16 anos:

1. Nuvens cobrem a parte da Lua;
2. Planetas fazem sombra sobre a Lua;

⁵ Como veremos a seguir, as concepções espontâneas sobre as fases da Lua são praticamente idênticas entre crianças, adolescentes, adultos ou professores.

⁶ Para uma revisão mais detalhada, veja MALUF (2000).

3. A sombra do Sol é projetada sobre a Lua;
4. A sombra da Terra é projetada sobre a Lua;
5. As fases são explicadas em termos da porção iluminada da Lua e visível da Terra (científica).

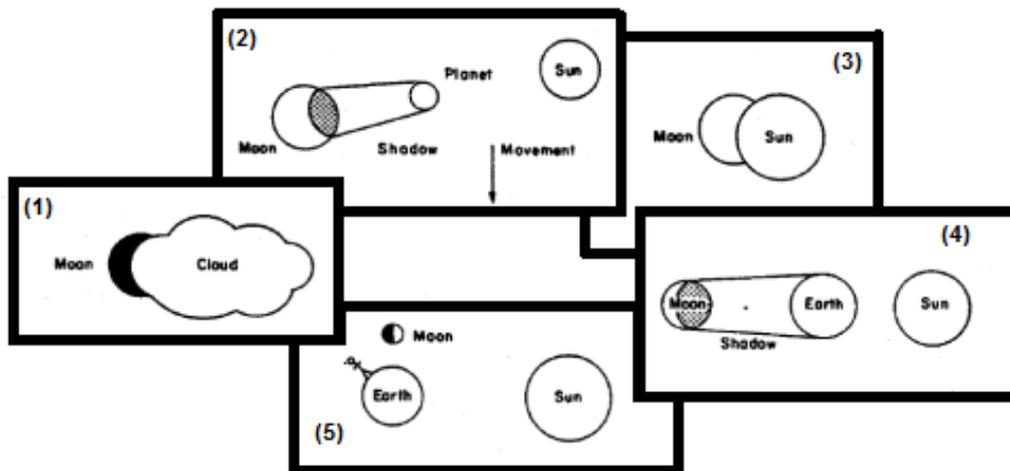


Figura 1.7: Concepções espontâneas para o modelo explicativo das fases da Lua (BAXTER, 1989).

Na grande maioria dos estudos, o modelo mais frequente para explicar a parte escura da Lua se refere à projeção da sombra da Terra na Lua (modelo 4, acima). Grosso modo, independentemente da idade ou formação acadêmica dos respondentes, entre 30-50% dos sujeitos explicam as fases da Lua pela projeção da sombra da Terra, enquanto que somente 5-25% admitem o modelo científico (TRUNDLE et al., 2010; PLUMMER & ZAHM, 2010; MULHOLLAND & GINNS, 2008; IACHEL et al., 2008; KALKAN & KIROGLU, 2007; TREVISAN & PUZZO, 2006; KAVANAGH et al., 2005; KIKAS, 1998; CAMINO, 1995).

De maneira surpreendente, alguns estudos mostram que professores apresentam concepções espontâneas muito similares aos dos seus alunos, inclusive com a mesma frequência de modelos não científicos (LEITE, 2002; STAHLY et al., 1999; PARKER & HEYWOOD, 1998).

Nós também realizamos uma pesquisa de levantamento das concepções de alunos universitários de diferentes cursos. Nossos resultados preliminares apontam que metade dos alunos expressou *explicitamente* ser a sombra da Terra a causa das fases da Lua (Anexo 1)⁷.

⁷ Esse texto é proveniente de um trabalho que apresentamos na forma de resumo e pôster na XXXV Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em 2011. Temos a intenção de reelaborar o texto para futura publicação na forma de artigo.

Uma explicação científica clara e completa é difícil de ser obtida, pois envolve muitos conceitos que as pessoas confundem (KRINER, 2004; STAHLY et al., 1999), além da própria construção semântica, por exemplo na confusão entre as palavras rotação e órbita (PARKER & HEYWOOD, 1998).

Qual a fonte desta má concepção⁸ sobre as fases da Lua? Por que os sujeitos passam pela escola e continuam a elaborar o modelo equivocadamente em relação ao modelo científico?

Nas duas próximas seções tentaremos discutir esta problemática a partir de duas perspectivas, uma que considera a sala de aula e a escola, e outra o conhecimento e a educação.

Delineando o problema I – a sala de aula e a escola

Iniciaremos esta seção destacando os trabalhos que investigaram o ensino-aprendizado das fases da Lua e levantaram hipóteses para a má compreensão do fenômeno. Posteriormente, abordaremos os livros didáticos, a formação dos professores e a prática escolar.

O argumento mais frequente presente nos trabalhos para explicar a má concepção dos indivíduos versa sobre a elevada “abstração ou percepção espacial” exigida para a modelização do sistema TSL e a transposição desta geometria para o referencial do observador (KRINER, 2004; PARKER & HEYWOOD, 1998). Alguns pesquisadores também consideram como causa a falta de “habilidades espaciais” como o “raciocínio tridimensional” (PLUMMER & ZAHM, 2010; LEITE, 2006; CALLISON & WRIGHT 1993). Nestes casos, levantam-se dúvidas sobre maturidade cognitiva dos sujeitos expostos ao ensino de fases da Lua.

Outras investigações apontam a existência de crenças, por exemplo que a Lua só aparece à noite, atrapalha no ato da modelização do sistema (BISCH, 1998). Em um estudo com alunos primário na Grécia, Starakis e Halkia (2010) também alegam que tais crenças são obstáculos à aquisição de um modelo científico e sugerem a problematização sobre o movimento aparente da Lua ao longo dos dias deva ser parte de uma sequência didática sobre o sistema.

⁸ Estamos utilizando o termo “má concepção” como tradução de *misconception*, assim, não se entende o termo como um juízo de valor, mas como uma comparação em relação à concepção científica.

Em outra perspectiva, podemos encontrar trabalhos que indicam que a “falta de conceitos” são fontes das más concepções. Parker e Heywood (1998) concordam com essa argumentação com relação aos conceitos de rotação, órbita, inclinação do eixo terrestre e iluminação de uma esfera. Sadler (1992), em uma pesquisa com mais de mil estudantes observa que 87% desconheciam a escala correta de tamanho do sistema TSL. Ou seja, o desconhecimento destas noções influencia a apreensão do modelo.

Encontramos também quem apontasse a linguagem como fatores para melhorar a compreensão do fenômeno, “Há um considerável problema de linguagem no desenvolvimento de conhecimento e compreensão nesse domínio [espacial]” (PARKER & HEYWOOD, 1998:517, tradução nossa⁹).

Não podemos deixar de considerar o trabalho de Engeström (1991), que adota uma perspectiva diferente, ao explicar que: “As más concepções não são indícios de raciocínio imaturo. Elas são artefatos produzidos culturalmente e que frequentemente persistem a despeito do amadurecimento” (p. 247, tradução nossa¹⁰). Os artefatos mencionados são a prática escolar, linear e segmentada, os livros didáticos e as representações (diagramas) dos modelos.

Sabendo que a compreensão do fenômeno pelos professores também é problemática, alguns trabalhos investigaram a formação docente e apontaram que não há uma disciplina específica de Astronomia nos currículos dos cursos universitários de Pedagogia, Biologia ou Física (LANGHI, 2009; SOBREIRA, 2006, CAMINO, 1995). Quando questionados sobre suas práticas, muitos professores admitem falta de tempo para os estudos que o ensino da disciplina exige ou para desenvolver atividades de investigação astronômica (PLUMMER & ZAHM, 2010; LEITE, 2002; MALUF, 2000). Análises de programas de formação continuada de professores mostram que há uma grande resistência no aporte dos novos conhecimentos para a reelaboração dos modelos. (MULHOLLAND & GINNS, 2008).

Na literatura acadêmica da área, principalmente após a implementação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), a análise de livros didáticos

⁹ There is a considerable language issue in developing knowledge and understanding in this domain.

¹⁰ The misconceptions are not indications of immature thinking. They are culturally produced artifacts which often persist regardless of maturation.

tornou-se um tema recorrente. Muitos pesquisadores se debruçam sobre eles para analisar a proposta educacional, currículo ou a correção conceitual.

As análises mostram que os livros didáticos são bem similares uns aos outros, não incentivam a atividade de observação ou investigação astronômica, e as imagens não discutem a escala ou a perspectiva de visualização. Esses elementos podem induzir compreensões erradas ou fomentar explicações inadequadas (AMARAL & OLIVEIRA, 2011; HOSOUME et al., 2010; LANGHI & NARDI, 2007; LEITE, 2006, CANALLE et al., 1997).

No caso das fases da Lua, todos os livros trazem sempre a mesma figura problemática, que coloca a Lua girando ao redor da Terra no mesmo plano em que esta gira ao redor do Sol e com as dimensões impróprias (PEÑA & QUILÉZ, 2001; CANALLE et al., 1997). Engeström (1990) aponta que a perda da escala correta e da tridimensionalidade no desenho dos livros podem induzir as crianças a fornecerem as respostas incorretas. Stahly et al. (1999) também colocam dúvidas sobre a eficiência do livro didático que apresenta o conteúdo das fases da Lua com textos e imagens para memorização no auxílio ao estudante a compreender o fenômeno lunar.

Nós também realizamos uma pesquisa de análise de mais de sessenta livros didáticos de Ciências e Física com objetivo de investigar a maneira que o conteúdo das fases da Lua é apresentado nos materiais (Anexo 2¹¹). Nossos resultados preliminares mostram que a maioria dos livros apenas cita e ilustra a ocorrência do fenômeno com um esquema sempre problemático. Poucos livros sugerem a execução de experimentos, simulações ou observações.

Isso coloca os livros didáticos como parte do problema no tratamento e veiculação do conteúdo astronômico, pois mesmo contendo erros conceituais, continuam constituindo um papel central na Educação Básica (MALUF, 2000, KIKAS, 1998; LAJOLO, 1996 *apud in* HOSOUME et al., 2010).

E de fato, discutir o uso do livro didático em sala de aula é discutir uma prática escolar. Um tema pouco explorado nas pesquisas sobre livro didático é tomá-lo como elemento conservador do ensino tradicional. Por serem divididos em rígidos capítulos sequenciais, fornecerem conceitos fechados, definir um

¹¹ Esse texto é proveniente de um trabalho que apresentamos na forma de resumo e pôster no I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA) em 2011. Temos a intenção de reelaborar o texto para futura publicação na forma de artigo.

currículo, proporem atividades de memorização e suporem um ritmo uniforme, os livros favorecem a manutenção de um ensino tradicional (DELIZOICOV et al., 2002; KIKAS, 1998; ENGESTRÖM, 1991). Scarinci e Pacca (2006) comentam que o confisco do livro didático dos alunos em uma proposta de aula construtivista enriqueceu as discussões e promoveu a busca por outros materiais de pesquisa.

No estudo de Maluf (2000) com trinta e seis professores de escolas públicas do ciclo básico, ao serem perguntados sobre a metodologia empregada nas suas aulas, a maior parte respondeu que o ensino de Astronomia “era feito com aulas expositivas, uso de textos didáticos e questionários, como uma mera transmissão do conhecimento que se encontra nos livros didáticos [...]” (p. 46). Este ensino tradicional também é verificado por Camino (1995), na Argentina, e por Kikas (2007), na Estônia, como desafiador para o Ensino de Astronomia.

Ou seja, esses últimos trabalhos mostram que as práticas do ensino tradicional, cristalizadas nos livros didáticos, não favorecem um ambiente intelectualmente ativo para o estudo dos fenômenos astronômicos.

Por fim, encontramos trabalhos que sugerem propostas de ensino que partem da noção construtivista e interacionista. A proposta de Benacchio (2001) é mostrar que a Lua pode ser estudada em muitas atividades, como: observação, tomada de medida e modelagem. O trabalho de Kavanagh et al. (2005) propõe a investigação como metodologia de ensino e privilegia a execução de atividades práticas. As etapas de sua proposta compreenderiam a observação diária da Lua, o uso de modelos e a dramatização, com os alunos atuando como os astros do TSL. Trundle et al. (2010) conseguiram um bom resultado nos pós-testes que aplicaram no final de sua intervenção. Eles sugerem etapas similares aos dos dois trabalhos anteriores: coletar dados da Lua a partir da observação, analisar os dados a procura de padrões e modelar as causas das fases da Lua.

Uma das semelhanças entre as propostas investigativas é a promoção da interação discursiva, um momento ativo em que o estudante pode mergulhar nas suas concepções e reconstruí-las a partir do desafio de representá-las para seus parceiros, “a discussão compele todos os participantes a repensarem e

reavaliarem sua postura e confirmar ou reformar a sua compreensão” (SHERROD & WILHELM, 2009:890, tradução nossa¹²).

Como síntese desses resultados de pesquisa extrai-se que não há uma única causa para interpretar a origem das más concepções dos sujeitos, mas ao contrário, uma abrangente lista de indicações que vai desde a falta de pré-requisitos conceituais ou de habilidades de localização e abstração espacial, passando pela inadequação das práticas escolares e de seus recursos, como o livro didático.

Delineando o problema II – o conhecimento e a educação

Pelas referências da literatura é evidente a pouca compreensão que as pessoas apresentam sobre o fenômeno lunar e a problemática no ensino.

Na discussão do início do capítulo tentamos mostrar como os modelos astronômicos aprendidos, em geral, não são aplicados de maneira consciente pelos sujeitos ao observar ou explicar os fenômenos.

Voltemos a pensar na origem desse conhecimento. Quais maneiras ou métodos foram utilizados pelos nossos ancestrais para conhecer a Lua? Em que medida esses modos de conhecer a Lua eram práticos ou teóricos? Qual o significado que a atividade “conhecer” a Lua tinha para eles?

Em um exercício de imaginação, podemos pensar na construção desse conhecimento por meios das atividades, da caça e da pesca, da religião e da ciência, da culinária e alquimia, enfim, da vivência e atividade dos indivíduos. Neste cenário, o motivo da atividade conhecer a Lua era dado e compartilhado, conhecer o céu era vital.

Com o tempo, podemos reconhecer parte desse conhecimento do céu traduzido nos artefatos culturais de nossa época. Por exemplo, a marcação das fases da Lua nas “folhinhas” é um resquício do calendário lunar elaborado pelos babilônicos, o primeiro povo da Antiguidade a utilizá-lo. A modernidade trouxe a separação do ser humano do ambiente em muitas dimensões, a observação dos ciclos astronômicos para o registro do tempo deixou de ser uma atividade vital, tornando-se para a maioria das pessoas um conteúdo escolar vazio de significado.

¹² These discussions compelled all participants to rethink and re-evaluate their stance and either confirm or reform their understanding.

Para finalizar o delineamento do problema do ensino das fases da Lua, e da educação de maneira geral, apresentamos a reflexão de Engeström (1991) que a partir de uma citação de Resnick (1987), lança a tese da encapsulação escolar,

[...] escolarização não contribui de modo direto e óbvio para o desempenho fora da escola, mas também o conhecimento adquirido fora da escola nem sempre é usado para suportar a aprendizagem na escola. A escolarização cada vez mais parece isolada do resto daquilo que fazemos (RESNICK, 1987:15, tradução nossa⁸).

No caso específico do conhecimento astronômico sobre as fases Lua, o artigo traz uma reflexão de Martin Wagenschein, um educador alemão, sobre a separação do conhecimento e da realidade das pessoas:

O homem moderno aqui tem aprendido frequentemente de forma totalmente errada aquilo que a ciência natural poderia ter-lhe ensinado: a observar a coisa. O que é ainda mais problemático é que, em vez de conhecer o que poderia ver, se tivesse aprendido a olhar, ele tem frases vazias logo à mão (WAGENSCHIN, 1977:42-3, *apud in* ENGESTRÖM, 1991:246, tradução nossa⁹).

Em ainda:

Assim, na astronomia, é especialmente fácil dar-se conta de como o conhecimento científico natural pode, de modo bastante desnecessário, ficar alienado da realidade e fragmentado. Ele, então, nos fragmenta também. Aquilo que fragmenta não tem nada que ver com educação (WAGENSCHIN, 1977:45, *apud in* ENGESTRÖM, 1990:3, tradução nossa¹⁰).

Engeström (1991) resume didaticamente o problema da seguinte maneira: “[...] a Lua e o Sol da sala de aula não tem nada que ver, para os alunos, com a Lua e o Sol que eles podem ver diariamente no céu” (p. 247, tradução nossa¹¹).

⁸ [...] schooling not contribute in a direct and obvious way to performance outside school, but also that knowledge acquired outside school is not always used to support in school learning. Schooling is coming to look increasingly isolated from the rest of what we do.

⁹ The modern man has here often outright mislearned what the natural science could have taught him: to observe the thing. What is even more problematic, instead of knowing what he could see, if he had learned to look, he has empty sentences readily at hand.

¹⁰ Thus, in astronomy, it is especially easy to realize how natural scientific knowledge can, quite unnecessarily, become from reality and fragmented. It then fragments us, too. What fragments has nothing to do with education.

¹¹ [...] the moon and the sun of the classroom have for the students nothing to do with the moon and the sun they can daily see in the sky.

Nossa interpretação da encapsulação escolar é que ao ir para escola como conteúdo disciplinar, o conhecimento humano, produzido historicamente em atividades concretas, perde vários de seus sentidos, entre eles sua própria gênese. Em outras palavras, na educação tradicional o conhecimento guarda pouco (ou nenhum) de seus múltiplos sentidos culturais-históricos, sendo fechado nele mesmo e orientado para responder questões que dizem respeito apenas à atividade escolar, sejam elas questões de livros ou provas de avaliação.



Figura 1.8: O conhecimento sobre as fases da Lua é cristalizado em um objeto, o calendário, utilizado como instrumento para organização do tempo e da vida social.

A discussão desse capítulo fomentou e dirigiu o objetivo da dissertação, que consiste em desenvolver uma reflexão acerca de alguns problemas do ensino da Astronomia e propor uma sequência de atividades didáticas na direção de superar esta dissociação entre o conhecimento e o mundo. Como veremos no terceiro capítulo, as atividades na intervenção proposta procuraram relacionar o conteúdo conceitual das fases da Lua com a sua construção história e manifestações socioculturais do fenômeno.

Capítulo 2 – A formação de conceitos a partir da Teoria da Atividade

Neste capítulo apresentaremos o referencial teórico conhecido como Teoria da Atividade cultural-histórica, com ênfase para a formação de conceitos. A partir da segunda metade do capítulo laçamos mão da noção do conceito-atividade, uma proposição teórica para elaboração e análise da proposta de intervenção.

2.1 A perspectiva cultural-histórica e a Teoria da Atividade

Dentre os objetivos da escola, podemos dizer que o desenvolvimento do pensamento dos alunos e a apropriação da produção cultural da humanidade estão entre os principais. Notadamente, estes dois elementos eram parte do programa de pesquisa do bielorrusso Lev Vygotsky (1896-1934), considerado o fundador da perspectiva cultural-histórica¹.

Segundo esta abordagem, os processos mentais tipicamente humanos (memória voluntária, imaginação, volição entre outros) não são inatos, mas têm origem e desenvolvimento nas relações com os outros, entre os indivíduos, que ao transformarem o mundo, transformam a si mesmos em uma relação dialética. Nas palavras do próprio Vygotsky (1998a), seu objetivo de pesquisa era compreender como “[...] essas características [humanas] se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida do indivíduo” (p. 25). Essa tese nos leva a inferir que o natural, o biológico, é um elemento de base, mas não condição única na constituição do gênero humano, ou seja, além da filogênese, “aprendemos” a ser humanos em atividade, na relação concreta com outros humanos.

O próprio Vygotsky discorre sobre essa tese quando discute a questão do desenvolvimento como uma interdependência entre os fatores da maturação biológica e do aprendizado, “[...] o processo de maturação prepara e possibilita um determinado processo de aprendizagem, enquanto o processo de

¹ Na literatura é comum encontramos os termos “socio-histórica”, “sociocultural” ou “socio-histórico-cultural” para designar a mesma abordagem teórica. Na dissertação também usamos as denominações como sinônimos, dando preferência para o “cultural-histórico”.

aprendizagem estimula, por assim dizer, o processo de maturação e fá-lo avançar até certo grau” (VYGOTSKY, 1991:106). No mesmo texto vai ainda mais além afirmando que “uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental” (p. 115), em que aprendizagem é tida como um momento para que se desenvolvam na criança “características humanas não-naturais, mas formadas historicamente” (p. 115).

Vygotsky foi um pesquisador interdisciplinar e com um amplo programa de pesquisa. Formado em direito e tendo cursado medicina parcialmente, seus trabalhos versaram sobre arte, psicologia, neuropsicologia, antropologia e educação (REGO, 1995; VEER & VALSINER, 1991). Dentre os muitos conceitos e ideias que formulou, um dos mais centrais foi a proposição da mediação². Ele usa essa noção para descrever teoricamente a influência da cultura na constituição do humano ao propor que a relação entre indivíduo e mundo não é direta, mas mediada por instrumentos ou signos, tal como uma ferramenta medeia o lavrador e seu trabalho na terra. Segundo a interpretação de Engeström (1999), não se trata de um conceito psicológico, mas “[...] uma ideia que rompe com as paredes cartesianas que isolam a mente do indivíduo, da cultura e da sociedade” (p. 29, tradução nossa³). Assim, ao lidar com os instrumentos culturais disponíveis no meio, os sujeitos internalizam os “modos historicamente determinados e culturalmente organizados de operar com informações” (REGO, 1995:42).

Com essa argumentação chegamos ao segundo aspecto do objetivo da escola, a apropriação dos produtos culturais construídos ao longo da história da humanidade, sendo a linguagem, como sistema simbólico, a principal deles. Como nenhum grupo social opera com a totalidade dos modos historicamente e culturalmente determinados, a escola constitui um lugar privilegiado para o começo dessa apropriação.

Essa perspectiva teórica foi iniciada por Vygotsky nas décadas de 1920 e 1930. Do grupo de pesquisa por ele liderado, derivou-se uma corrente que recebeu o nome de Teoria da Atividade, cujo importante desenvolvedor foi

² Destacamos também a relação entre pensamento e linguagem e a noção de zona de desenvolvimento proximal.

³ [...] an idea that breaks down the cartesian walls that isolate the individual mind from de culture and the society.

Alexei Leontiev (1903-1979). Segundo Davydov (1999), a noção de atividade tornou-se central na psicologia soviética e pode ser entendida como:

[...] o processo no qual a realidade circundante é transformada pela ação criativa dos homens. O trabalho é a forma original dessa transformação. Todos os tipos de atividade humana material e mental são derivados do trabalho e mantêm seu principal aspecto característico que é a transformação da realidade e das pessoas enquanto atuam (p. 124, tradução nossa⁴).

Neste extrato aparece a tese central da teoria da atividade, de que a estrutura dos processos mentais, quando interiorizados, seria análoga à estrutura das atividades práticas externas. Nas palavras do próprio Leontiev:

[...] atividade humana assimila a experiência da humanidade. Isto significa que os processos mentais humanos (“funções psicológicas superiores”) adquirem uma estrutura necessariamente ligada aos meios e métodos sociohistoricamente formados e transmitidos no processo de trabalho cooperativo e interação social (LEONTIEV, 1981:56, tradução nossa⁵)

Leontiev (1991) entende como atividade tanto os processos de relação do homem com o mundo, como os processos psicologicamente orientados a satisfação de uma necessidade, “(seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo” (p.68). Nessa ideia constam dois pontos interessantes; o primeiro é a unidade entre a “relação do homem com o mundo” e os “processos psicologicamente orientados”, que rompe com a separação entre a mente e mundo. A atividade passa a ser síntese de ambas as perspectivas. O segundo é a noção de objeto, não tido somente como algo material do mundo, mas **compartilhado e construído socialmente**. Vale lembrar que objetivo é antônimo de subjetivo. Ou seja, não existe atividade “puramente” individual, pois qualquer atividade é orientada para um produto da cultura humana.

A partir dessa raiz, a atividade passou a ser vista como a unidade molar de análise da vida humana, um sistema que guarda as relações sociais e cuja

⁴ [...] the process in which the surroundings reality is transformed by men’s creative efforts. Labor is the original form of such transformation. All kinds of material and mental human activity are derivatives from labor and keep its main characteristic features which is transformation of reality and person(s) as acting.

⁵ [...] humans’ activity assimilates the experience of humankind. This means that humans’ mental process (their “higher psychological functions”) acquire a structure necessarily tied to the sociohistorically formed means and methods transmitted to them by others in the process of cooperative labor and social interaction.

característica básica é sua orientação para o objeto, para satisfação de uma necessidade que a motiva (LEONTIEV, 1981).

De maneira sintética, se com Vygotsky os objetos foram tomados como artefatos culturais, com Leontiev, a atividade orientada ao objeto é unidade de análise para compreender a consciência humana⁶.

Após essa breve apresentação da Teoria da Atividade, vamos focalizar a discussão na formação de conceitos segundo essa perspectiva.

2.2 O conceito e os sistemas de conceitos

Na obra **A construção do pensamento e linguagem**, Vygotsky (2009) descreve a gênese e o desenvolvimento dos conceitos em crianças e adolescentes, que, segundo ele, passam pela sequência: o pensamento por sincréticos, complexos, pseudoconceitos e finalmente os conceitos. Discorre longamente contra uma noção clássica de conceito como uma rede associativa e enfatiza: “todo conceito é uma generalização.” (VYGOTSKY, 2009:359).

A composição desta obra tem sua polêmica, visto que é uma compilação de textos de diferentes fases do pensamento de Vygotsky. Por exemplo, tem-se como fato que os capítulos cinco e seis são bem anteriores ao capítulo sete, sendo que os primeiros apresentam resquícios de um pensamento lógico-formal e último transborda do materialismo dialético. Minick (2002) diferencia pelo menos três fases no trabalho de Vygotsky, sendo que nas duas primeiras altera a unidade de análise, do “ato instrumental” para o “sistema psicológico” e na terceira o seu princípio explanatório. Um efeito natural destas alterações e da ênfase disciplinar de seu trabalho, é que se pode reconhecer pelo menos três sentidos diferentes que o russo adota para o termo consciência (DAVYDOV & RADZIKHOVSKII, 1985).

Nos capítulos cinco e seis Vygotsky discorre sobre os experimentos de dupla-estimulação de formação de conceitos realizados com crianças. Sem apresentar os dados da pesquisa, Vygotsky critica trabalhos anteriores para

⁶ A teoria de Vygotsky determina três domínios para discussão da psicogênese, isto é, a origem da consciência e desenvolvimento do comportamento humano, são eles: filogênese, sócio-histórico e a ontogênese. Alguns comentadores consideram a microgênese como um quarto domínio. Para maiores detalhes sugerimos ver Wertsch (1985).

construir sua teoria de formação de conceitos que confere nova qualidade ao pensamento humano, principalmente a partir da adolescência. Segundo ele a gênese do conceito é ao mesmo tempo uma operação mental e dialógica:

A formação de um conceito ou a aquisição de sentido através da palavra é o resultado de uma atividade intensa e complexa (operação com palavra ou signo), da qual todas as funções intelectuais básicas participam em uma combinação original (VYGOTSKY, 2009:168).

Nesse sentido, o papel da mediação, principalmente pela palavra (signo) e linguagem (sistema simbólico), é imprescindível para a formação do conceito, “o pensamento conceitual é impossível fora do pensamento verbal” (VYGOTSKY, 2009:170), e ainda, “o papel decisivo na formação do verdadeiro conceito cabe à palavra” (VYGOTSKY, 2009:226).

A linguagem e as interações discursivas entre os sujeitos ao redor da criança promovem o desenvolvimento conceitual, pois é o espaço onde a criança se apropria das formas histórico-culturais de ser no mundo.

O discurso dos circundantes, com os seus significados estáveis e permanentes, predetermina as vias por onde transcorre o desenvolvimento das generalizações na criança. Ele vincula a própria atividade da criança [...]

As vias de disseminação e transmissão dos significados das palavras são dadas pelas pessoas que a rodeiam no processo de comunicação verbal com ela (VYGOTSKY, 2009:192-3).

Ou seja, as crianças elaboram os sentidos das palavras pautadas no significado em que elas são usadas no processo de comunicação com os adultos. Como apontam Góes e Cruz (2006), a distinção entre sentido e significado na obra não é tão trivial e as autoras sugerem que a relação entre os dois é “uma dialética de forças que compõem a significação da palavra” (p. 39). De forma mais didática, Oliveira (2000) explica:

O significado propriamente dito refere-se ao sistema de relações objetivas que se formou no processo de desenvolvimento da palavra, constituindo um núcleo relativamente estável de compreensão da palavra, compartilhado por todas as pessoas que a utilizam. O sentido, por sua vez, refere-se ao significado da palavra para cada indivíduo, composto por relações que dizem respeito ao contexto de uso da palavra e às vivências afetivas do indivíduo (p.50).

Grosso modo, o sentido é uma contínua construção do sujeito e dependente do *contexto*, usando os mesmos termos do bielorrusso. O significado é uma noção mais estável e objetiva. Segundo ele, enquanto o

sentido é “[...] sempre uma formação fluída, complexa, que tem várias zonas de estabilidade variada. O significado é apenas uma dessas zonas do sentido que a palavra adquire no contexto de algum discurso e, ademais, uma zona mais estável, uniforme e exata.” (VYGOTSKY, 2009:465).

Entretanto, o caminho percorrido pelo sujeito para alcançar o nível do pensamento conceitual é longo, pois a apresentação de um nome não é um conceito, mas o início de um desenvolvimento que não termina, “no momento em que uma criança toma o conhecimento pela primeira vez do significado de uma nova palavra, o processo de desenvolvimento dos conceitos não termina, mas está apenas começando.” (VYGOTSKY, 2009:250). Nesse percurso, ocorrem operações mentais que culminam em determinado significado de uma palavra, que, enfim, se torna portadora do conceito.

O pensamento anterior ao conceitual é o mediado por complexos (e rede de complexos) e pseudoconceitos (conceitos em potencial). Para a evolução desse estágio para o posterior, é necessária uma série de operações mentais:

O pensamento por complexo tem como elemento mais característico o momento de estabelecimento dos vínculos e relações que constituem o seu fundamento. Nessa fase, o pensamento da criança complexifica objetos particulares que ela percebe [...]

Mas o conceito, em sua forma natural e desenvolvida, pressupõe não só a combinação e a generalização de determinados elementos concretos da experiência, mas também a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e, ainda, a habilidade de examinar esses elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e fatural em que são dados na experiência (Vygotsky, 2009:219-220, destaque nosso).

Neste trecho o psicólogo relaciona a formação de um conceito com as operações de abstração e generalização. Esta proposição é bem conhecida no seu trabalho e deve ter influenciado as interpretações de comentadores que propõem a noção de descontextualização (Wertsch, 1985), entendida como uma abstração máxima na apreensão conceitual. A última frase do trecho supracitado de fato parece apoiar essa compreensão ao propor a habilidade de examinar elementos fora do vínculo concreto da experiência.

Não concordamos com este entendimento e, como veremos a seguir, ao final de sua vida Vygotsky toma o processo de formação de conceitos em outro sentido. Nossa compreensão está alinhada com a formulação de Santos e

Mattos (2010) e Santos (2011) que propõem a generalização não como uma operação de descontextualização, isto é, o conceito fora de contexto, mas como hipercontextualização, que é aprender e discernir o conceito em todos os seus muitos contextos de uso.

Sobre a formação de conceitos, a exposição de Vygotsky (2009) ainda passa pela diferenciação da gênese dos conceitos cotidianos⁷ e científicos. Não iremos nos aprofundar detalhadamente sobre este tema porque se trata de uma noção bem conhecida e comentada do trabalho de Vygotsky⁸.

Vale comentar que existem poucas referências que criticam os termos empregados pelo bielorrusso, principalmente quanto ao “científico”. Este termo pode trazer consigo uma ênfase equivocada de que Vygotsky referia-se aos conceitos provenientes das Ciências Naturais. Na obra ele deixa claro que esta categoria poderia abarcar conteúdos das Humanidades, e discutiu o conceito de “revolução” como científico. A nosso ver, uma tradução mais adequada foi empregada por Veer e Valsiner (1994) ao escolherem “acadêmico” para designar o “científico”. Por efeito de tradição no Brasil, procuramos manter o nome “científico”.

Para este trabalho basta caracterizarmos que os conceitos espontâneos são elaborados pelas crianças a partir das relações cotidianas com as pessoas de sua vivência. Por exemplo, para uma criança, o conceito de irmão, “é saturado de uma rica experiência pessoal [...]” (VYGOTSKY, 2009:264).

Os conceitos científicos são apreendidos pela criança em um círculo sistematizado como a escola, daí o papel importante que o psicólogo conferia ao ensino. Ao lidar com conceitos sistematizados e historicamente construídos pela humanidade, fora da experiência cotidiana, a criança tem a oportunidade de apreender um modo complementar de pensamento em relação aos conceitos espontâneos. Essa complementaridade pode se vista, entre outros exemplos no trecho do capítulo seis, “quando a criança apreende um conceito científico, com relativa brevidade começa a dominar precisamente aquelas operações em que se manifesta a fraqueza do conceito irmão. Ela define

⁷ Algumas traduções preferiram usar os termos “espontâneo” ou “corriqueiro” para a palavra “*everyday*”. Na dissertação usaremos “cotidiano” e “espontâneo” como sinônimos

⁸ Ver por exemplo: Rego (1995), Oliveira (1992), Daniels (2003), Van der Veer e Valsiner (1991).

facilmente o conceito, aplica-o em diferentes operações lógicas e descobre a sua relação com outros conceitos.” (VYGOTSKY, 2009:346).

Em resumo, o aprendizado dos conceitos espontâneos é involuntário e não consciente, “[a criança] domina tais operações espontaneamente, em determinadas situações, automaticamente, [...]” (p. 320). Por outro lado, os conceitos científicos são apreendidos de maneira voluntária e consciente; “na escola a criança aprende [...] a tomar consciência do que faz e a operar voluntariamente [...]” (p. 320).

Góes e Cruz (2006), também concordam com nossa interpretação:

Conceitos científicos e espontâneos implicam atitudes distintas em relação ao objeto. Os conceitos espontâneos são sempre impregnados de experiência no enfrentamento da criança com as coisas. A criança não tem consciência deles, pois centra-se nos objetos a que se referem e não no seu próprio ato de pensamento. [...]

Já no processo de formação do conceito científico, a atenção orienta-se para a relação de um conceito com outros, num sistema que implica uma nova estrutura de generalização, configurada pela hierarquia de relações supra-ordenadas, subordinadas e coordenadas. O uso consciente e deliberado do conceito somente emerge quando passa a fazer parte desse sistema (p. 50).

Dado o caráter complementar dos dois tipos de conceitos, Vygotsky descreve uma dinâmica evolutiva do pensamento conceitual propondo uma imagem em que o desenvolvimento de um desses conceitos “abriria” caminho para o desenvolvimento do outro tipo⁹. Ele explica:

Embora os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvam em direções opostas, os dois processos estão intimamente relacionados. É preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que a criança possa absorver um conceito científico correlato. [...] Ao focar a sua lenta trajetória para cima, um conceito cotidiano abre caminho para um conceito científico e o seu desenvolvimento descendente. [...] Os conceitos científicos, por sua vez, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendentes dos conceitos espontâneos da criança em relação à consciência e ao seu uso deliberado. Os conceitos científicos desenvolvem-se para baixo por meio dos conceitos espontâneos, os conceitos espontâneos desenvolvem-se para cima por meio dos conceitos científicos (VYGOTSKY, 1998b:135).

Com relação ao ensino-aprendizagem, Hedegaard (2007) argumenta que quando os conceitos científicos se **integram** com os cotidianos, eles se

⁹ Ver Oliveira (1992) para uma didática explicação.

tornam uma competência na vida das crianças fora da sala de aula. Ou seja, sem essa articulação, os conceitos escolares ficam fechados neles mesmos.

Leontiev (1992) explica que para Vygotsky, o caminho para a formação do conceito científico é oposto ao caminho para a formação dos conceitos cotidianos. O caminho de formação dos científicos é “[...] o caminho do abstrato para o concreto, em que a criança é mais consciente do conceito que do objeto desde o início” (p. 28, tradução nossa¹⁰). Leontiev explica ainda que esta análise levou a Vygotsky a concluir que:

[...] o domínio dos conceitos espontâneos indica o nível de desenvolvimento real da criança enquanto que o grau de domínio dos conceitos científicos indica a zona de desenvolvimento proximal da criança (LEONTIEV, 1992:29, tradução nossa¹¹).

Sendo, portanto, a diferenciação entre conceito cotidiano e científico a base de formulação de uma importante proposição do russo, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

No capítulo sete da obra, **Pensamento e Linguagem**, parece haver uma mudança no tratamento filosófico dado ao estudo da formação dos conceitos, assumindo uma perspectiva dialética de gênese do pensamento conceitual por meio da mediação do signo.

Vista a diferença de abordagens filosóficas dentro da obra, buscamos escritos mais maduros do psicólogo (pós 1930) que apresentassem um cunho mais denso no pensamento dialético sobre a ontologia dos conceitos. Nesta pesquisa, encontramos, por exemplo, o **Desenvolvimento do pensamento e formação de conceitos em adolescentes** [*Development of thinking and formation of concepts on the adolescent*] de 1931. Nele, por exemplo, obtivemos uma definição sobre o termo “conceito” que parece não ser muito conhecida ou citada nos trabalhos dos comentadores:

Um conceito real é a imagem da objetividade de algo em sua complexidade. Somente quando reconhecemos algo com todas as suas conexões e relações, e quando essa diversidade é sintetizada em uma palavra, em uma imagem integral através de uma *multiplicidade de determinações*, nós desenvolvemos um conceito. De acordo com o ensinamento da lógica dialética, um conceito *inclui não só o*

¹⁰ [...] the path from the abstract to the concrete [during which the child is more conscious of the concept than of the object from the very beginning.

¹¹ [...] the degree of mastery of the spontaneous concepts indicates the level of the child’s actual development while the degree of mastery of scientific concepts indicates the child’s zone of proximal development.

geral, mas também o individual e particular. Em contraste com a contemplação, para o conhecimento direto de um objeto, um conceito é *preenchido com determinações do objeto*, é o resultado do processamento racional de nossa experiência, e é um conhecimento mediado do objeto. Pensar em um objeto com a ajuda de um conceito significa incluir o objeto em um *complexo sistema de conexões mediadas e relações* divulgadas em determinação do conceito. Assim, o conceito é o resultado de um longo e profundo conhecimento do objeto. (VYGOTSKY, 1998c:53, tradução e grifo nosso)¹²

O trecho mostra uma complexificação na compreensão e definição de “conceito”, principalmente com relação à definição anterior que o considerava uma generalização. Observe nas passagens destacadas, que ao assumir a “multiplicidade de determinações”, determina-se um conceito **multifacetado** e **polissêmico**. No segundo destaque do trecho, o autor explora a **tensão** entre o geral e particular presente em um conceito, pois é determinado a partir do objeto concreto da experiência humana. Um conceito ser “preenchido com determinações do objeto” significa admitir que ele é **fluido**, **dinâmico** e representa **momentos do concreto**. No último trecho em destaque apontamos a noção de sistema, que ainda será mais bem discutida.

É sabida a importância que Vygotsky confere ao aprendizado e ao papel da escola, principalmente por colocar a criança em um ambiente onde os conceitos são sistematizados. Nessa interação há o desenvolvimento de outros modos de pensamento (teórico), sendo que nesse trabalho de 1931, Vygotsky discorre sobre a mudança do pensamento da criança em idade pré-escolar com relação ao adolescente, “Pensar em conceitos é o método mais adequado de conhecer a realidade, pois penetra na *essência interna das coisas*.” (VYGOTSKY, 1998c:54, tradução e grifo nosso)¹³. Termos como “realidade” e

¹² A real concept is an image of an objective thing in its complexity. Only when we recognize the thing in all its connections and relations, only when this diversity is synthesized in a word, in an integral image through a multitude of determinations, do we develop a concept. According to the teaching of dialectical logic, a concept includes not only the general, but also the individual and particular. In contrast to contemplation, to direct knowledge of an object, a concept is filled with determinations of the object; it is the result of rational processing of our experience, and it is a mediated knowledge of the object. To think of some object with the help of a concept means to include the given object in a complex system of mediating connections and relations disclosed in determinations of the concept. Thus the concept does not arise from this as a mechanical result of abstraction – it is the result of a long and deep knowledge of the object.

¹³ Thinking in concepts is the most adequate method of knowing reality because it penetrates into internal essence of things.” (VYGOTSKY, 1998:54).

“essência” não eram utilizados nos relatos iniciais dos experimentos sobre a formação de conceitos com as crianças. Dentro do círculo de Vygotsky, essa corrente materialista dialética foi posteriormente aplicada explicitamente em propostas pedagógicas, principalmente por Vasily Davydov (1930-1998), e ficou conhecida como ensino desenvolvimental.

Sobre a noção de sistema de conceitos, Vygotsky o aborda em várias passagens de suas obras. No **Pensamento e Linguagem**, por exemplo, em poucas palavras, Vygotsky explica que um sistema de conceito nada mais é do que a relação entre conceitos, “[...] a existência de relações entre os conceitos, ou seja, um sistema de conceitos.” (VYGOTSKY, 2009:294). Estabelece ainda que, “[...] todo conceito pode ser designado por uma infinidade de meios por intermédio de outros conceitos” (VYGOTSKY, 2009:364).

Ele explica mais detalhadamente essas relações entre conceitos:

Mas se depois desse conceito surge um conceito superior, ele pressupõe necessariamente a existência não de um, mas de uma série de conceitos co-subordinados, com os quais esse conceito está em relações determinadas pelo sistema de conceito superior, sem o que esse conceito superior não seria superior em relação a outro. Esse mesmo conceito superior pressupõe, simultaneamente, uma sistematização hierárquica até dos conceitos inferiores àquele conceito e a ele subordinados com os quais ele torna a vincular-se através de um sistema de relações inteiramente determinado. Desse modo, a generalização de um conceito leva à localização de dado conceito em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais importantes e mais naturais entre os conceitos. (VYGOTSKY, 2009:292).

Vygotsky esforça-se para construir a ideia de que os conceitos não formam um sistema conceitual associativo lógico-formal, mas uma intrincada rede de relações.

[...] cada conceito surge já conectado a todos os outros e, seu surgimento, determina aparentemente seu lugar em um sistema de conceitos previamente reconhecidos. [...] A conexão mútua dos conceitos e suas relações internas com um e o mesmo sistema também faz do conceito um dos meios básicos para a sistematização e reconhecimento do mundo exterior. (VYGOTSKY, 1998c:48, tradução nossa)¹⁴

¹⁴ [...] every concept arises already connected with all others and, having arisen, seemingly determines its place in a system of previously recognized concepts. [...] The mutual connection of concepts, their internal relation to one and the same system also make the concept one of the basic means of systematization and recognition of the external world.

De fato, parece-nos que o sistema de conceitos não é muito explorado por Vygotsky ou por desenvolvedores de sua teoria, porém é usado para justificar uma das diferenças entre os conceitos espontâneos e científicos e a tomada de consciência deles.

Na próxima seção avançaremos para o sistema de atividade, para então traçarmos alguns paralelos com vista à formação de conceitos.

2.3 O sistema de atividade

Em 1930 houve a formação de um grupo de pesquisa, liderado por Leontiev, sediado na cidade ucraniana de Kharkov, que teve como ponto de partida os trabalhos de Vygotsky. Esse grupo desenvolveu uma série de trabalhos experimentais com ênfase na interiorização das operações mentais por crianças.

Como dissemos na introdução deste capítulo, esse grupo apresentou a hipótese que a estrutura dos processos mentais, quando interiorizados, era análoga à estrutura das atividades práticas externas. Daí o nome Teoria da Atividade.

Esta proposição também é explicitada e comentada pelo psicólogo americano Michael Cole: “[...] a estrutura e o desenvolvimento dos processos psicológicos humanos surgem pela atividade prática, culturalmente mediada e de desenvolvimento histórico” (COLE 1996:108, *apud in* DANIELS, 2003:113)

Para descrever a estrutura da atividade iremos recorrer ao trabalho de Leontiev (1981), **O problema da atividade na psicologia** [*The problem of activity in psychology*] compilado na coletânea editada por James Wertsch. No texto, Leontiev atribui a Vygotsky a introdução dos conceitos de ferramenta psicológica, ferramenta instrumental (operações), objetivo e motivo e assume que precisaram de alguns anos para ele e seu grupo serem capazes de descrever a estrutura geral da atividade e da consciência humana.

Leontiev (1981) considera que é na atividade que se dão as mediações entre o sujeito e objeto, “Esta ligação intermediária é a atividade do sujeito e suas correspondentes condições, objetivos e meios” (p. 56, tradução nossa)¹⁵. O sistema de atividade guarda as relações sociais e sua característica básica é

¹⁵ This middle link is the subject's activity and its corresponding conditions, goals, and means.

a orientação para o objeto. Nessa descrição ele apresenta o objeto como o aspecto que distingue uma atividade de outra e que fornece o direcionamento particular de cada atividade, o seu objetivo. Além disso, a atividade é constitutivamente conectada a um motivo.

O componente básico da atividade humana é a ação, um processo subordinado à atividade que remete à ideia de alcançar um resultado, uma finalidade específica. Nesse sentido, tal como a atividade é ligada a um **motivo**, a ação é ligada a um **fim**, uma finalidade que jaz na consciência do sujeito. De fato, um sistema de atividade é composto por uma cadeia de ações, “A atividade humana existe somente na forma de uma ação ou uma cadeia de ações” (LEONTIEV, 1981:61, tradução nossa)¹⁶. Como nesse nível o sujeito tem percepção do resultado imediato de sua ação, isto é, de sua finalidade, atribuí-se a esse nível um elevado grau de consciência.

Como o próprio psicólogo discorre, se a categoria de ação mostra “o que precisa ser feito”, existe um aspecto operacional que indica “como será feito”.

Esse nível prático-operacional recebe o nome de operação e depende das condicionantes, das condições externas à operação.

[...] apesar de seu aspecto intencional (que precisa ser alcançado), a ação tem também seu aspecto operacional (como, por quais meios isto pode ser alcançado), que não é determinado pela sua finalidade em si, mas pelas condições objetivas de sua realização. (LEONTIEV, 2009:101-2, tradução nossa¹⁷)

A esse nível da atividade costuma-se atribuir pouco ou nenhum grau de percepção consciente, pois as operações já teriam sido internalizadas pelo sujeito, que as executaria automaticamente (LEONTIEV, 2009:103).

Essa estrutura, contudo, não é estática, sendo a atividade um processo em constante transformação. Durante o transcorrer da atividade (ou do nível de análise), o motivo pode “se transformar” no processo e se converter em um fim, ou seja, a atividade se transforma em uma ação. O mesmo pode ocorrer com ação que dependendo da estrutura que a sustenta pode ser vista como uma atividade.

¹⁶ Human activity exists only in form of an action or a chain of actions.

¹⁷ [...] in spite of its intentional aspect (what must be achieved), the action also has its operational aspect (how, by what means this can be achieved), which is determined not by the goal in itself but by the objective-object conditions of its achievement.

Uma atividade pode perder o motivo que a inspirou, após ser convertida em uma ação que pode ter uma relação um pouco diferente com o mundo, isto é, implementar uma atividade diferente. Por outro lado, uma ação pode adquirir uma independente força energizante e tornar-se uma atividade em seu próprio direito. (LEONTIEV, 1981:65, tradução nossa)¹⁸.

Essa dinâmica também pode ocorrer com o nível das operações, em que as ações conscientes podem ser internalizadas e se tornarem automáticas. Ou de maneira análoga, operações inconscientes podem, por alguma situação específica, requerer maior atenção e passar para o nível da consciência, ou seja, transforma-se em ação.

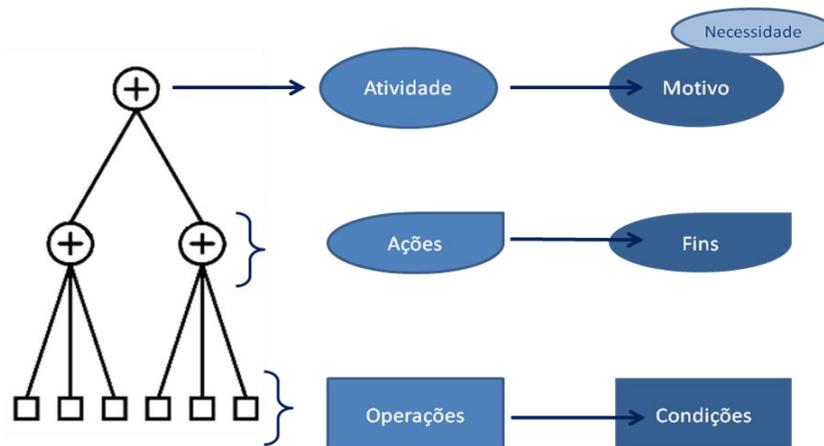


Figura 2.1: Estrutura geral de um sistema de atividade.

Leontiev também discorre sobre a formação de conceitos a partir do significado da palavra, contudo, ele põe a questão segundo prisma da atividade em uma perspectiva mais próxima da versão dialética de conceito de Vygotsky,

Então, os significados refratam o mundo na consciência do homem. O veículo do significado é a linguagem, mas a linguagem não é o demiurgo de significado. Escondido atrás de significados linguísticos (valores) estão modos de ação (operações) socialmente evoluídos, no processo em que as pessoas mudam e conhecem a realidade objetiva. Em outras palavras, os significados são formas ideais do mundo objetivo linguisticamente transmutados e materializados, suas propriedades, ligações e relações revelam pelo agregado prática social. (LEONTIEV, 2009:15-6, tradução e grifos nossos)¹⁹

¹⁸ An activity can lose the motive that inspired it, whereupon it is converted into an action that may have a quite different relation to the world, i.e., implement a different activity. Conversely, an action can acquire an independent, energizing force and become an activity in its own right.

¹⁹ Thus, meanings refract the world in man's consciousness. The vehicle of meaning is language, but language is not the demiurge of meaning. Concealed behind linguistic meanings (values) are socially evolved modes of action (operations), in the process of which people change and cognize objective reality. In other words, meanings are the linguistically transmuted and materialized ideal form of the

No destaque, nota-se que o psicólogo amplia a conceituação do significado para além do elemento linguístico, o dota também de “modos de ação” socialmente desenvolvidos. Assim, para ele, ao dominar conceitos, os sujeitos se apropriam do modo de lidar com o mundo.

No mesmo texto ele continua escrevendo sobre a assimilação dos conceitos:

[...] a formação de conceitos no cérebro de criança não segue o padrão de formação de imagens genéricas sensíveis. Tais conceitos são o resultado de um processo de assimilação dos "já-feito" significados historicamente evoluídos, e esse processo ocorre na atividade da criança durante a sua relação com as pessoas ao seu redor. No aprendizado da execução de determinadas ações, a criança domina as operações correspondentes, que são, de fato, formas comprimidas, idealizadas e representadas no significado. [...]

Como eles [significados] são interiorizados, eles formam significados abstratos ou conceitos, e seu movimento constitui a atividade mental interna, a atividade no “plano da consciência” (LEONTIEV, 2009:16-7, tradução e grifos nossos)²⁰.

Em outra obra, com tradução para o português, Leontiev (1978) discorre sobre o processo de assimilação ou apropriação que dota o homem das características humanas. Segundo ele, a apropriação “[...] é a reprodução, pelo indivíduo, das aptidões e funções humanas, historicamente formadas.” (LEONTIEV, 1978:169). Um processo do desenvolvimento ontogenético.

Em outro trecho, o russo considera a apropriação de conhecimentos e conceitos como uma ação orientada para uma finalidade, pois, “ao satisfazer sua necessidade de conhecimentos, o homem pode fazer de um conceito o seu conceito, isto é, apropriar-se da sua significação” (LEONTIEV, 1978:168).

Nesses trechos nota-se uma aproximação da formação de conceitos com a inserção do indivíduo em uma atividade coletiva e orientada a um objeto. Como exercício de reflexão, na próxima seção nos debruçaremos na ampliação da relação entre conceito e atividade.

existence of the objective world, its properties, connections and relations revealed by aggregate social practice.

²⁰ [...] the formation of concepts in the child's brain does not follow the pattern of the formation of sensuous generic images. Such concepts are the result of a process of assimilation of “ready-made”, historically evolved meanings, and this process takes place in the child's activity during its intercourse with the people around it. In learning to perform certain actions, the child masters the corresponding operations, which are, in fact, in a compressed, idealised form, represented in meaning. [...]

As they are interiorized, they form abstract meanings or concepts, and their movement constitutes internal mental activity, activity “on the plane of consciousness”.

2.4 O sistema de conceitos e o sistema de atividade: uma aproximação

Nas duas seções anteriores procuramos apresentar de maneira objetiva os princípios do sistema de conceitos e do sistema de atividade. A partir deste ponto, iremos construir algumas relações entre estes referenciais.

Para ilustrar e apresentar nossas ideias consideraremos a interação entre um sujeito e um objeto, por exemplo, a Lua. Essa interação pode se dar de maneira espontânea, quando a criança participa de conversas com adultos ou quando observa eventualmente o astro no céu. Contudo, a interação também pode ser dada na escola, com acesso a livros, modelos e outros meios com o objetivo voluntário que conhecer a Lua.

Neste caso, é possível imaginar que, inseridas em atividades diferentes, as crianças formarão conceitos diferentes, e cuja diferença não será somente o de conteúdo (significação), mas também as relações internas ao sistema de conceitos e as relações externas que o sistema estabelece com o mundo.

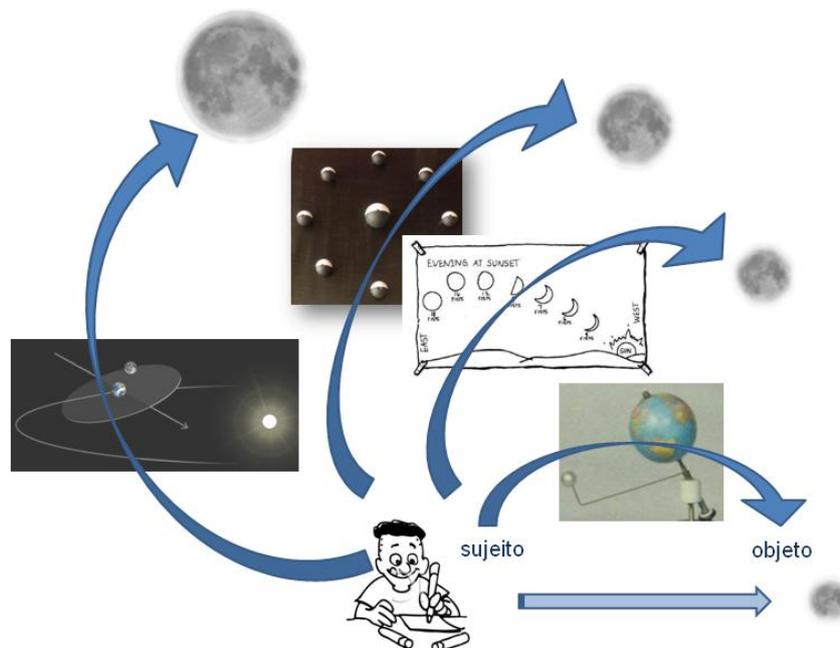


Figura 2.2: O sujeito interage com o objeto sempre mediado pela atividade; atividades diferentes formarão conceitos diferentes.

Em qualquer um desses modos de conhecimento, a criança tem um contato com os signos relativos à Lua (palavras ou esquemas, por exemplo) no qual seu aprendizado é disparado por operações mentais de generalizações e abstrações. Esse primeiro contato marca o início do desenvolvimento do

pensamento, que se tornará conceitual. O aprendizado tem um início, mas nunca um fim (VYGOTSKY, 2009).

A continuidade da interação da criança com os mais variados signos proporcionará o pensamento conceitual, que, segundo nossa interpretação, pode ser definido quando o conceito passa a ser apreendido como instrumento mediador. Nesse processo de internalização²¹, a ação orientada do sujeito sobre o objeto transforma-o qualitativamente, deixando de ser um objeto concreto para compor-se como conceito. Nas palavras de Vygotsky,

O conceito começa a ser entendido não como uma coisa, mas como um *processo*, não como uma abstração vazia, mas como uma *profunda e penetrante reflexão de um objeto da realidade em toda sua complexidade e diversidade, em conexões e relações com todo o resto da realidade*. (VYGOTSKY, 1998c:54, tradução e grifo nossos)²².

Este extrato é particularmente rico. Primeiro porque o bielorrusso nega a simples abstração para formação de conceitos, e diz se tratar de uma reflexão sobre um objeto em toda sua complexidade e relações com o resto da realidade. Ou seja, não basta apreender um conceito simples de Lua, “satélite natural da Terra”, esse conceito abstraído de suas relações é vazio. Devemos entendê-lo em um processo, dentro das determinações concretas da realidade²³, que vamos dizer, dentro da atividade. Um processo que nunca tem um fim, pois a cada relação mediada do sujeito com a Lua, o conceito é ampliado ou reelaborado. A figura 2.2 tenta ilustrar essa interpretação.

Nossa proposição teórica para a aproximação do sistema de conceito com o sistema de atividade, é que os conceitos cotidianos e científicos podem ser relacionados respectivamente às categorias de ação e operação da atividade. A **consciência e arbitrariedade (ou volição)** são os elementos que utilizaremos para diferenciar as duas subcategorias da atividade, ação e operação (VYGOTSKY, 2009:341). O próprio Vygotsky apontou a noção de conceito como uma série de atos de pensamento - ações - e atividade.

²¹ Não estamos empregando o termo como definido por Leontiev (1981), supondo uma alteração concreta no plano mental fisiológico, mas como domínio e apropriação.

²² The concept begins to be understood not as a thing, but as a process, not as a empty abstraction, but as a thorough and penetrating reflection of an object of reality in all it is complexity and diversity, in connections and relations to all the rest of reality.

²³ Essa abordagem de conceito como **processo** guarda a raiz da formação de conceito por meio da **ascensão do abstrato ao concreto** proposto por Davydov (1990).

Há muito tempo se observou que o conceito em essência representa nada mais do que um certo agregado de decisões, um certo sistema de atos de pensamento. [...] a partir do aspecto da forma do conceito na realidade, em uma palavra, como uma *atividade*, é um certo número de decisões e, conseqüentemente, não um simples ato de pensamento, mas uma série de tais atos. (VYGOTSKY, 1998c:54-55, tradução e grifo nossos)²⁴.

Vygotsky indica que os conceitos cotidianos são não-conscientes pela falta de sistematicidade. Por isso, esse tipo de conceito seria o análogo às operações, que são atos não-conscientes que compõem a atividade e que não são orientados objetivamente. Quando crianças usam os conceitos cotidianos, "Tem o conceito do objeto e a consciência do próprio objeto representado nesse conceito, mas não tem consciência do próprio conceito" (VYGOTSKY, 2009:345). Nesta síntese teríamos o binômio conceito-operação como os conceitos cotidianos.

Os conceitos científicos (não-espontâneos), por comporem um sistema hierárquico, são conscientizados, e por isso seriam os análogos às ações da categoria da atividade. Lembramos que as ações são os atos que estão no nível da consciência do sujeito e que tem uma dada finalidade em direção ao motivo da atividade. Nessa síntese teríamos o conceito-ação como os conceitos científicos.

Deste modo, espontaneidade e não-consciência do conceito, espontaneidade e ausência de sistema são sinônimos. Ao contrário, os conceitos não espontâneos, pela própria natureza e por serem tornados não espontâneos, desde o início devem ser conscientizados, devem ter um sistema. (VYGOTSKY, 2009:384).

No trecho, Vygotsky fornece mais elementos para nossa articulação, pois toma espontaneidade, não-consciência e ausência de sistema (todos termos referentes aos conceitos cotidianos) como sinônimos, as mesmas qualidades que podemos aplicar à categoria de operação.

Outra referência interessante trata-se de uma suposta palestra mais tardia, **Desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos na idade escolar**, presente na coletânea **Psicologia Pedagógica**. Nesse texto ele

²⁴ It has long been noted that the concept in essence represents nothing other than a certain aggregate of judgments, a certain system of acts of thinking. [...] from the aspect of the form of the concept in reality, in a word, as an activity, is a certain number of judgments and, consequently, not a single act of thinking, but a series of these acts. (VYGOTSKY, 1998c:54-55)

discorre sobre a conscientização e voluntariedade das crianças e adolescentes acerca dos conceitos, e traz mais insumos para esta mesma fundamentação.

Sobre as crianças terem dificuldades em concluir, voluntariamente, frases com raciocínios lógicos empregando “porque” e “embora”. Vygotsky explica que “a criança tem dificuldade porque se exige que ela faça o que involuntariamente talvez faça todos os dias. [...] a criança não sabe fazer voluntariamente o que involuntariamente faz muitas vezes.” (VYGOTSKY, 2010:531).

Ainda sobre esse experimento, o psicólogo observa que as crianças utilizam corretamente os termos lógicos “porque” e “embora” em condições cotidianas, mas equivocam-se quando interpretam voluntariamente uma frase com os mesmos termos em uma argumentação de uma situação cotidiana. Segundo ele, “crianças que já dominaram de forma inconsciente esses conceitos e as relações causais, ainda não dominam de modo consciente, ou seja, voluntariamente.” (VYGOTSKY, 2010:533).

Em outro trecho ele afirma sobre o uso consciente e voluntário dos conceitos científicos, “O conceito científico, obtido na escola, caracteriza-se pelo fato de que a criança o emprega facilmente em resposta a uma pergunta do professor, ou seja, voluntariamente.” (VYGOTSKY, 2010:540).

Nos três últimos extratos, utilizando como categorias a **conscientização** e **voluntariedade**, temos as mesmas qualidades entre conceitos cotidianos e operações e entre conceitos científicos e ações.

Também podemos analisar a dinâmica entre estes dois níveis. No próximo trecho nota-se a existência de uma relativa dinâmica entre os níveis de conscientização dos conceitos cotidianos e científicos.

Descobrimos que a não-conscientização dos conceitos não está no egocentrismo mas na ausência de sistematicidade dos conceitos científicos que, em decorrência disto, devem ser não-conscientizados e não-arbitrários. Descobrimos que a tomada de consciência dos conceitos se realiza através da formação de um sistema de conceitos. [...] Os conceitos científicos são os portões através dos quais a tomada de consciência penetra no reino dos conceitos infantis. (VYGOTSKY, 2009:295).

Segundo Vygotsky, a não conscientização dos conceitos (cotidianos) encontra-se na ausência de sistematicidade, mas que pode ser alterado a partir

da inclusão do conceito no sistema de conceitos, que passaria a ser consciente e mobilizar a consciência.

Nos experimentos empreendidos com crianças, Vygotsky observou que elas utilizavam corretamente os conceitos espontâneos como “irmão” em construções lógicas com o uso da conjunção “porque” de maneira espontânea. Porém quando solicitadas a utilizarem voluntariamente esses mesmos conceitos, as crianças tinham grande dificuldade (VYGOTSKY, 2010:531-3). Ou seja, quando solicitado, os conceitos que operamos de maneira não-consciente podem ser utilizados conscientemente.

Uma dinâmica similar pode ser encontrada entre as ações e operações de uma atividade. Leontiev (1978) discute os procedimentos realizados por dois atiradores, um iniciante e outro experiente. Se para o primeiro, os atos como segurar e apoiar a espingarda, colocar o olho na mira, localizar o alvo, reter a respiração, entre outros, estão presentes em sua consciência (ações), para o experiente os mesmos atos são “automatizados” e por isso não-conscientes (operações).

Essa dinâmica da conscientização de conceitos pode ser relacionada à dinâmica da estrutura da atividade, como aponta Vygotsky:

Nos termos mais gerais pode-se dizer que o conceito espontâneo se transforma em uma nova parte de seu desenvolvimento. A criança o conscientiza, ele se modifica na estrutura, ou seja, passa à generalização de um tipo mais elevado no aspecto funcional e revela a possibilidade das operações, dos signos que caracterizam a atividade do conceito científico. (VYGOTSKY, 2010:539-40).

Com relação às categorias de objeto e motivo de uma atividade, também conseguimos relacioná-las com o sistema de conceitos vygotskyniano. No trecho a seguir, por exemplo, pode-se aproximar essas categorias da atividade humana com os termos “processo produtivo”, “operação”, “motivo”, se tomarmos a finalidade de “solução de algum problema”, e “condições”:

[...] a formação de um conceito é um processo de caráter produtivo e não reprodutivo, que um conceito surge e se configura no curso de operação complexa voltada para a solução de algum problema, e que só a presença de condições externas e o estabelecimento mecânico de uma ligação entre a palavra e o objeto não são suficientes para a criação do conceito. (VYGOTSKY, 2009:156).

Com uma licença poética, a leitura deste trecho sobre a formação de um conceito é quase a descrição de uma atividade; um processo produtivo a partir de ações orientadas a um objetivo e que depende das condições externas.

O conceito-atividade fases da Lua

Com a perspectiva teórica desenvolvida nesse trabalho e a aproximação dos referenciais adotados, descreveremos o sistema conceitual das fases da Lua segundo a estrutura da atividade. Neste modelo elencamos e articulamos os conceitos necessários para a descrição de fenômeno e indicamos quais seriam importantes estarem no plano consciente do sujeito. O esquema é meramente didático e ilustrativo.

Nota-se, por exemplo, que o modelo científico para explicar as fases da Lua é um sistema conceitual complexo que necessita de grande articulação e consciência.

Acreditamos que quando conceitos imprescindíveis para a compreensão do fenômeno são operados de maneira não-consciente, eles podem ser considerados ausentes do sistema. Assim, a despeito dos sujeitos saberem que “a Lua não tem luz própria e é iluminada pelo Sol”, em vários casos este fato pode não estar na consciência dos sujeitos quando explicam o fenômeno. Ou seja, está fora do sistema. O mesmo pode ocorrer para o fato “da Lua ter sempre metade de sua face iluminada”, Este fato que pode ser óbvio para qualquer sujeito que conhece o sistema Terra-Sol-Lua, precisa estar e ser articulado dentro do sistema conceitual. Disto, podemos dizer que no caso das fases da Lua, mais importante do que os alunos não saberem, é saber que não sabem! O ensino deveria problematizar estes aspectos centrais e trazê-los para a consciência dos alunos.

Nesse sistema, dependendo do recorte de análise, podemos inferir diversas atividades-conceito com as respectivas ações-conceitos e operações-conceitos. A hierarquia dos conceitos foi escolhida de maneira que os mais inferiores são pré-requisitos para a compreensão do conceito superior. Nesta proposição, os conceitos mais inferiores, operações-conceitos, seriam não-conscientes, o que significa dizer que não pensamos voluntariamente neles quando nos propomos explicar o evento astronômico. Isto não seria um problema a princípio, pois o fato “a Terra é esférica”, não é imprescindível para

explicar as fases da Lua. Os conceitos-ações, contudo, são mais importantes para articulação do sistema e por isso precisam estar na consciência dos sujeitos durante a construção do modelo explicativo. É por meio desta complexa articulação conceitual que a conceito-atividade fases da Lua emerge.

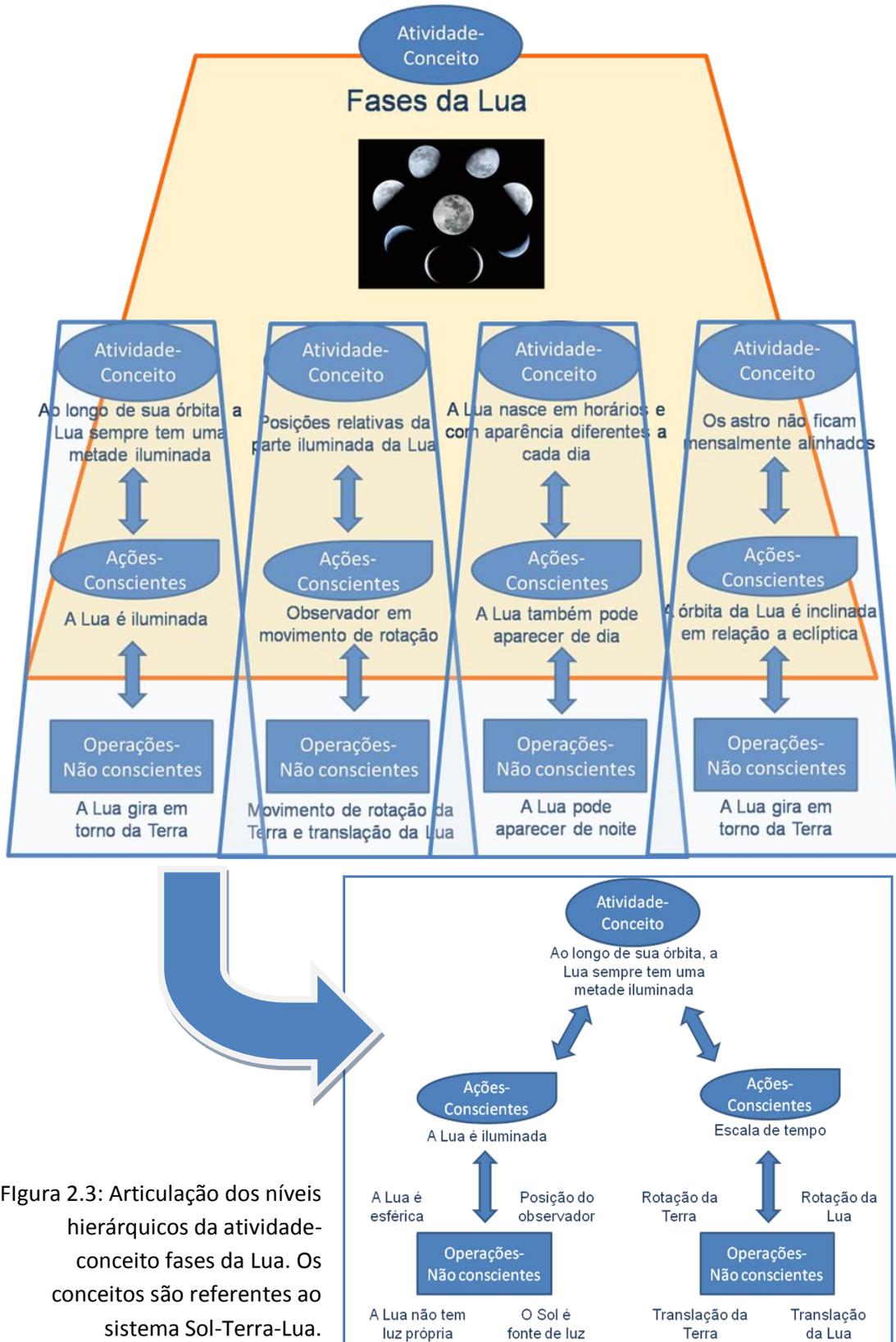


Figura 2.3: Articulação dos níveis hierárquicos da atividade-conceito fases da Lua. Os conceitos são referentes ao sistema Sol-Terra-Lua.

Mesmo parecendo complexo, nosso esquema ainda é subestimado com relação ao aporte conceitual adequado. Note que indicamos somente uma operação para cada ação, mas muitas outras são mobilizadas para o mesmo fim. No esquema em destaque (abaixo), detalhamos o primeiro recorte, em que é possível visualizar a coordenação de pelo menos quatro operações-conceitos para compor a ação-conceito, “A Lua é iluminada”.

Não menos importante, é perguntar sobre quais atividades os alunos são inseridos para “conhecer” sobre a Lua?

A articulação teórica desenvolvida resultou em uma aproximação do sistema de conceito com o de atividade. Na próxima seção encaminharemos a discussão do conceito-atividade de maneira mais abrangente e com base em referências de outros desenvolvedores da Teoria da Atividade.

2.5 Conceito como atividade

Se voltarmos aos textos de Vygotsky que apresentamos anteriormente, principalmente o que traz a abordagem mais “dialética”, elaborou-se conceito como processo e *“resultado de um longo e profundo conhecimento do objeto”*, entendido aqui como **conceito-atividade**.

Sobre a formação de conceito Engeström et al. (2005) ao investigar a elaboração de uma nova forma de atendimento médico no sistema de saúde público finlandês constroem uma noção de conceito em uma perspectiva mais ampla:

Primeiramente, conceitos complexos são melhores compreendidos como produtos e ferramentas de atividades coletivas que se desenvolvem historicamente. Conceitos complexos precisam ser estudados como embebidos em sistemas de atividade complexos, não meramente como proposições lógicas ou produtos textuais. Então, conceitos como diabetes, por exemplo, desenvolve-se em atividades coletivas da pesquisa médica, cuidado e bem-estar.

Segundo; estes conceitos são inerentemente polivalentes, controversos e dinâmicos. Por exemplo, no caso da diabetes, toda ação local de diagnóstico desestabiliza o conceito e contribui potencialmente para sua evolução. Diferentes interessados, incluindo diferentes especialidades médicas, produzem versões parciais e conflitantes do conceito. Então, a formação de conceitos complexos envolve confrontação e contestação.

Terceiro; conceitos complexos são orientados para o futuro. Eles encarnam (corporificam) sentimentos, visões, esperanças, medos e intenções coletivas. Isto

é claro como quando falamos de “carros-conceito” ou outros conceitos modelos (design). Mas pense sobre “terrorismo” ou “genoma humano” ou “diabetes”. Estes conceitos são carregados com vontade de controle, de utilização, de eliminação, e outros.

Quarto; conceitos complexos são melhor aprendidos pela investigação, debate e reconfiguração das atividades diárias dos próprios aprendizes. Em outras palavras, conceitos complexos são melhores aprendidos quando eles são desafiadores, reconstruídos e implementados em prática. (ENGSTRÖM et al. 2005, tradução nossa²⁵)

O extrato é rico de qualidades para caracterizar um conceito. De fato, se os entendemos como entidades que emergem com a/da atividade humana, não são definições simples, estáticas, limitadas e fechadas, provindas de uma abstração vazia. Mas ao contrário, a partir de um concreto infinitamente rico, os conceitos tornam-se complexos, dinâmicos, ilimitados e abertos.

Nesserian (2012) tem compreensão semelhante à caracterizada acima, em seu estudo sobre o desenvolvimento de ideias e conceitos durante a prática da atividade científica em laboratórios:

[...] os conceitos do mundo são dinâmicos e socio-históricos por natureza. Como tais, eles não são nem unidades totalmente fixas de representação nem representações mentais únicas, mas surgem, desenvolvem-se e vivem nas interações entre as pessoas que os criam e os usam (p. 245, tradução nossa)²⁶.

²⁵ First, complex concepts are best understood as products and tools of collective activities that evolve historically. Complex concepts need to be studied as embedded in complex human activity systems, not merely as logical propositions or textual products. Thus, the concept of diabetes, for example, evolves in the collective activities of medical research, care, and being ill.

Secondly, such concepts are inherently polyvalent, debated, and dynamic. For example in the case of diabetes, every local action of diagnosis destabilizes the concept and potentially contributes to its evolution. Different stakeholders, including different medical specialties, produce partially conflicting versions of the concept. Thus, the formation of complex concepts involves confrontation and contestation.

Thirdly, complex concepts are future-oriented. They embody affects, visions, hopes, fears, and collective intentions. This is clear when we speak of ‘concept cars’ or other design concepts. But think about ‘terrorism’ or ‘human genome’ or ‘diabetes’. These concepts are loaded with passions for control, for utilization, for elimination, and so on.

Fourthly, complex concepts are best learned through investigation, debate and re-design of the learners’ own life activities. In other words, complex concepts are best learned when they are challenged, re-constructed and implemented in practice.

²⁶ [...] mundane concepts are dynamic and socio cultural in nature. As such, they are neither completely fixed units of representation nor solely mental representations, but arise, develop and live in the interactions among the people that create and use them.

Em um texto sobre questões do desenvolvimento conceitual, Oliveira (1999) advoga que os conceitos não devem ser entendidos como entidades estáveis, mas como produto de processo de construção de significados. Para defender esta proposição ela afirma que os conceitos são,

[...] resultados sempre em mudança da interação humana com objetos de ação e de conhecimento, com signos e significados culturais e, de maior importância, com outros sujeitos em situações de construção coletiva de significados mediante processos de negociações interpessoais (p. 61).

Segundo nossa interpretação, na descrição no final do extrato a autora acaba por descrever uma atividade humana.

Outros desenvolvedores da teoria histórico-cultural apontaram para a relação conceito-atividade. Se nas palavras de Hedegaard, Ilyenkov é enfático ao caracterizar conceito como atividade:

Conceitos devem ser entendidos como uma atividade idealizada que é expressa em todos os objetos como resultado da atividade humana (ILYENKOV, 1977:92 *apud in* HEDEGAARD, 2007: 248).²⁷.

O pesquisador independente Andy Blunden é mais modesto:

Um conceito é na minha humilde opinião uma unidade cultural ou forma de atividade. Então o significado da palavra, uma vez desenvolvido ao ponto de conceitos, está relacionado ao conceito assim como uma ação está para uma atividade (BLUNDEN, 2011, tradução nossa)²⁸.

Nesta última citação Blunden relaciona o significado das palavras com ação e o conceito com atividade. Note que esta relação não é muito diferente da que viemos desenvolvendo se tomarmos o significado das palavras como conceitos cotidiano ou científico.

Citamos também Hedegaard (2007:251), ao dizer que um conceito “[...] combina a prática idealizada com os objetos humanamente construídos.” Na compreensão dela os conceitos não podem ser separados de seus usos nas atividades.

Assim, antes de serem considerados produtos ou resultados de um processo ou interação, os conceitos são, eles próprios, a atividade humana.

²⁷ Concepts should be understood as the idealized activity that is expressed in all objects as results of human activity.

²⁸ A concept is in my humble opinion a cultural unit or form of activity. So word meaning, once developed to the point of concepts, is related to concept as an action is to an activity.

Essa compreensão de conceito tem implicação no ensino, no sentido de que ensinar um conceito, seria ensinar a atividade na qual ele teve origem e sentido, “A prática humana é a chave para a compreensão de como o conhecimento coletivo da sociedade é adquirido como conceitos pessoais. (HEDEGAARD, 2007:261, tradução nossa)²⁹.”

Uma abordagem não usual sobre a formação de conceitos a partir da perspectiva histórico-cultural pode ser encontrada em Azeri (2013). Ele sugere tomar os conceitos como um tipo de órgão cognitivo, isto é, os conceitos são tão imbricados na gênese do ser humano que são “[...] órgãos que são extensão do corpo e de sua atividade” (p. 3, tradução nossa³⁰). Dessa tese, ele deriva inúmeras implicações como o fato desses órgãos serem produzidos socialmente, carregarem marcas de suas determinações sócio-históricas e necessitarem da linguagem para emergirem. Essas qualidades ressoam com nossa tese de apresentar os conceitos como atividade.

Como proposição teórica, o conceito-atividade é uma síntese da ação do homem no mundo, uma forma de pensar o conceito em que a Lua deixa de ser somente “um corpo astronômico que orbita a Terra”, mas que encarna todas as atividades humanas. Nesse sentido, a Lua é mais humana que astronômica.

Contudo, uma tese ganha concretude se acompanhada de dados que a suportem e a critiquem. Por isso, partimos para uma pesquisa na literatura em geral, e na História da Ciência em particular, em busca de definições, teses, episódios, manifestações e outros que pudessem ser considerados como um mapa da gênese do conceito de Lua. Esta pesquisa é tema da próxima seção.

Exemplos da gênese histórica e debates sobre a natureza da Lua

Durante o estudo do referencial teórico fomos permeados por dúvidas e incertezas se essa conceituação mais abrangente de conceito poderia ser aplicada para a “Lua”. O conceito de Lua tem todas as facetas e qualidades mencionadas acima? Seria a Lua “controversa, debatida, com versões parciais, contestadas”? Seria um satélite natural “carregado com sentimentos de medo e esperança, controle e eliminação”?

²⁹ Human practice is the key to understanding how societal collective knowledge is acquired as personal concepts.

³⁰ [...] organs that are extensions of the body and its activity.

Em busca dessas respostas, fizemos uma pesquisa tentando mapear a evolução do conceito de Lua ao longo da história, procurando principalmente por tensões e divergências sobre sua conceituação de Lua. Destacamos que não realizamos um levantamento sistemático com metodologias mais rigorosas da História da Ciência, processo que exigiria praticamente outra dissertação. Assim, a discussão a seguir deve ser tomada mais como ilustração do que um resultado rigoroso de pesquisa.

Para uma melhor organização da discussão, separarmos os resultados em tópicos que versam sobre história e manifestações culturais.

- Origem das crenças sobre a influência da Lua.

Neste tópico vamos abordar a questão da origem de algumas crenças sobre a Lua e sua influência na vida terrestre. A argumentação a seguir tem referência no livro **Tratado de História das Religiões**, de Eliade (2002).

Para os povos antigos, a Lua sempre teve uma relação muito evidente com a marcação da passagem do tempo. Se o Sol era sempre imutável, a Lua era o eterno devir, por meio de suas fases, é um astro que cresce, decresce e desaparece, tal como a vida humana, que tem um início e fim.

Desse movimento de aparecer e desaparecer, Lua foi associada com a fertilidade, pois sua morte nunca é definitiva. Ao final de três noites sem Lua, ela sempre renasce. Ainda dessa associação tem-se a relação da Lua com a morte, abrigo das almas, e com os rituais de iniciação e de passagem.

Se atualmente associamos a Lua com o movimento dos oceanos pelo efeito gravitacional, na antiguidade existiram diversos deuses com a mesma relação. Por exemplo, *Ardivisûra Anâhitã* era a deusa das águas iraniana também lunar, *Apâmnapât*, ou “filho da água”, era um espírito indiano da vegetação, mas que posteriormente foi associado à Lua, ou ainda uma tribo do centro do Brasil que nomeia a filha do deus da Lua a “filha das águas”.

A relação da Lua com a agricultura pode ser atribuída a dois eventos. Primeiro pelo fato da Lua ser um instrumento de contar o tempo e, portanto adequado para organizar a produção. Segundo pelo fato de haver um possível efeito de maré nos lençóis freáticos que implicaria na absorção de água pelas plantas. Por exemplo, camponeses franceses semeiam pela Lua nova, mas podam e colhem os legumes quando a Lua é minguante. Meu pai, nascido em

fazenda, diz que nunca se pode cortar eucalipto na Lua Cheia, pois encharca e não presta.

Esta raiz genética sobre a conceituação de Lua é muito relevante para nossa discussão de conceito-atividade, pois esses exemplos revelam todo um conteúdo simbólico que medeia a relação sujeito-Lua e que foi construído histórica e culturalmente. Essa constituição simbólica, que por vezes perdemos a origem, permite compreender algumas crenças populares e como elas moldam e tencionam a formação de conceitos científicos. De certa maneira, são apropriações do conceito que percolam todo o sistema de atividade humana, criando tensões e embates.

- O conceito de Lua de Anaxágoras, Aristóteles e Plutarco.

Nesta seção abordaremos os primeiros registros escritos sobre a Lua, hipóteses sobre sua natureza e constituição. Faremos uma breve exposição cronológica sobre as ideias de três pensadores da Antiguidade Grega.

Sobre a compreensão de Anaxágoras (500-428 a.C), encontramos em seu verbete, na **Enciclopédia de Filosofia de Stanford**, a citação de que “O sol é uma massa de metal ardente, e a lua um pedaço de terra (sem luz própria)” (CURD, 2011, tradução nossa³¹).

De fato, Mourão (1987) afirma que Anaxágoras e Plutarco (45-120), que veremos a seguir, ensinavam e discutiam que a Lua seria como a Terra.

Contudo, o sistema de pensamento que se manteve como paradigma científico vigente por mais de 1 500 anos tinha como base os escritos de Platão (427-347 a.C) e Aristóteles (384-322 a.C).

Nesse sistema a Terra encontrava-se imóvel no centro sendo circundada por sete esferas cristalinas por onde o Sol, a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno poderiam se deslocar. Haveria ainda uma última esfera em que as estrelas estariam fixas. Nesse modelo, a esfera da Lua dividia dois mundos diferentes. Na região sublunar, abaixo da Lua, imperava a corrupção, transformação e transitoriedade. A matéria era composta de quatro elementos – terra, água, fogo e ar – e os movimentos violentos, retílineos para cima e

³¹ The sun is a mass of fiery metal, and the moon is an earthy lump (with no light of its own).

para baixo. A região supralunar era a perfeição, a matéria era composta de uma substância pura – o éter – e os movimentos circulares.

O texto de Aristóteles, em alguns trechos, não deixa perfeitamente claro qual seria a composição da Lua (GUERRA, 2010). Contudo, podemos tomá-la como formada pelo éter, dado seu movimento circular e dada a comparação que Aristóteles faz com o Sol: “A lua é um primeiro princípio porque de sua conexão com o sol e sua participação em sua luz, sendo como seria um segundo sol e menor [...]” (ARISTÓTELES, *Geração dos animais*, 777b24-31 *apud in* GUERRA, 2010).

Aristóteles também descreve as fases da Lua e explica a ocorrência do eclipse lunar pela projeção da sombra da Terra:

Como mais eclipses da lua mostrariam segmentos moldados como os vemos? Como é, as formas as quais a própria lua mostra a cada mês são de todo tipo reta, convexa e côncava, mas em eclipses o contorno é sempre curvada: e, uma vez que é a interposição da Terra que faz com que o eclipse, a forma desta linha irá ser causada pela forma da superfície da terra, a qual é, portanto, esférica. (ARISTÓTELES, *On the heavens*, 2, 14 tradução nossa³²)

Este trecho evidencia algumas compreensões do pensador. Primeiro, que o satélite não tem luz própria e que reflete a luz do Sol, tanto que quando a Terra se interpõe entre os dois, a Lua fica escurecida. Ele também comenta sobre a alteração do formato da linha do terminador - nome dado à linha que separa a parte iluminada e escura da Lua - durante as fases e os eclipses. Durante as fases, pode-se observar que a cada noite o terminador pode ser convexo, reto (Lua Cheia) ou côncavo. Durante o eclipse, pelo fato da parte escura ser causada pela sombra da Terra, ele não será retilíneo, mas convexo e côncavo dependendo se anterior ou posterior ao auge de um eclipse total.

Apesar desse modelo ter se tornado um paradigma vigente por séculos, conhecido e aceito por muitos filósofos, nota-se que na “época” haviam outras conceituações sobre a natureza da Lua disponível.

Encontramos uma tradução de Plutarco (2010) em que o grego atribuiu a Anaxágoras a proposição sobre a reflexão da luz do Sol pela Lua, “o Sol coloca

³² How else would eclipses of the moon show segments shaped as we see them? As it is, the shapes which the moon itself each month shows are of every kind straight, gibbous, and concave—but in eclipses the outline is always curved: and, since it is the interposition of the earth that makes the eclipse, the form of this line will be caused by the form of the earth’s surface, which is therefore spherical.

a sua luz na Lua” (p. 55). Na mesma obra, **Sobre a Face Visível no Orbe da Lua**, encontramos duas referências sobre a natureza da Lua,

[...] assumindo que a Lua é como a Terra, então é um objeto belo, ilustre e elegante, mas como estrela, ou luz, ou corpo divino e celeste, temo bem que seja disforme, inconveniente e uma mancha para uma reputação imaculada, a ser verdade que é a única de entre a multidão dos astros que estão no céu que revolve recebendo a sua luz de outro corpo (p. 55).

No trecho, vemos que a concepção do grego é aproximar a Lua com a Terra, mesmo considerando-a como um corpo celeste. Nessa comparação ele sugere a Lua ser disforme, contrapondo a noção de “imaculada”.

A Lua, por sua vez, possui tantas irregularidades e rugosidades, que os raios provenientes de um corpo enorme embatem em relevos de considerável dimensão que recebem contra - reflexos e difusões de luz uns dos outros, refletindo e entrelaçando-se por toda a parte. A reflexão mistura-se com a própria reflexão, que chega até nós como se fosse produzida em muitos espelhos (p.60).

Este segundo trecho é uma aula de óptica. Caso a Lua fosse uma esfera lisa e perfeita, o reflexo da luz solar deveria ser somente em um ponto da face. Contudo, ao considerar a Lua com irregularidades e rugosidades, ele elabora o conceito de reflexão difusa para explicar a dispersão dos raios refletidos.

Nesses breves trechos, vemos como concepções “contemporâneas” de importantes pensadores eram divergentes, controversas e debatidas. Ou seja, a gênese histórica do conceito lunar, e talvez da maioria dos conceitos, não é imediata, direta, confortável e de um caminho único, mas é dinâmica, se molda no tempo por confrontações entre filosofias e argumentos.

- A concepção de Lua de Leonardo da Vinci.

O modelo aristotélico de Universo que considerava a Lua um orbe feito de éter, lisa, perfeita e imaculada ainda era o paradigma no século XVI, quando o cientista e artista Leonardo da Vinci (1452-1519) elabora sua compreensão.

Em **Anatomia, Zoologia e Filosofia**, o italiano descreve detalhadas observações da Lua considerando suas posições e movimentos com relação a Terra e ao Sol. Nas passagens a seguir ele explica o brilho e as manchas da superfície lunar, e para isso hipóteses sobre sua composição.

As inúmeras imagens dos raios solares refletidos nas inúmeras ondas do mar, ao caírem sobre as ondas, são o que nos levam a ver o muito amplo e contínuo brilho na superfície do mar. (DA VINCI, 1880a, tradução nossa³³)

Que o sol não pode ser espelhado no corpo da lua, que é um espelho convexo, de tal maneira que muito de sua superfície é iluminada pelo sol, deve reflectir o sol a menos que a lua tenha uma superfície adaptada para refleti-lo - em ondas e cristas, como a superfície do mar quando sua superfície é movida pelo vento. [...] A lua, com sua luz refletida, não brilha como o sol, pois a luz da lua não é uma reflexão contínua do que a do sol em toda a sua superfície, mas apenas nas cristas e depressões das ondas de suas águas; e, portanto, o sol sendo refletido confusamente, a partir da mistura das sombras que se encontram entre as ondas brilhantes, a sua luz não é pura e clara como o sol. (DA VINCI, 1880b, tradução nossa³⁴)

Sobre as manchas da Lua,

Se você mantiver os detalhes das manchas da lua sob observação muitas vezes você vai encontrar uma grande variação nelas, e isso eu mesmo provei desenhando-as. E isso é causado pelas nuvens que se elevam das águas na lua, que vêm entre o sol e as águas, e por sua sombra privar estas águas dos raios do sol. Assim, essas águas permanecem escuras, não sendo capazes de refletir o corpo solar. (DA VINCI, 1880c, tradução nossa³⁵)

Apesar do modelo vigente predizer uma Lua lisa e perfeita, em qualquer observação sem auxílio de instrumentos, tal como a de da Vinci, vê-se uma superfície ao menos manchada. A saída encontrada pelos aristotélicos foi dizer que a superfície era lisa e perfeita tal como o alabastro. Leonardo conhecia essa explicação, “Outros dizem que a Lua é composta por partes mais ou menos transparente partes, como se uma parte era algo como alabastro e

³³ The innumerable images of the solar rays reflected from the innumerable waves of the sea, as they fall upon those waves, are what cause us to see the very broad and continuous radiance on the surface of the sea.

³⁴ That the sun could not be mirrored in the body of the moon, which is a convex mirror, in such a way as that so much of its surface as is illuminated by the sun, should reflect the sun unless the moon had a surface adapted to reflect it—in waves and ridges, like the surface of the sea when its surface is moved by the wind. [...] The moon, with its reflected light, does not shine like the sun, because the light of the moon is not a continuous reflection of that of the sun on its whole surface, but only on the crests and hollows of the waves of its waters; and thus the sun being confusedly reflected, from the admixture of the shadows that lie between the lustrous waves, its light is not pure and clear as the sun is.

³⁵ If you keep the details of the spots of the moon under observation you will often find great variation in them, and this I myself have proved by drawing them. And this is caused by the clouds that rise from the waters in the moon, which come between the sun and those waters, and by their shadow deprive these waters of the sun's rays. Thus those waters remain dark, not being able to reflect the solar body.

outros como cristal ou vidro.” (DA VINCI, 1880d, tradução nossa³⁶) e em outras passagens argumenta contra, inclusive citando Aristóteles.

Da Vinci elaborou sua explicação partindo do princípio que a Lua é um corpo grave, parecida com a Terra, e composta de ar, água e fogo. O brilho do satélite é explicado pela reflexão da luz solar nas ondas de um suposto mar ou oceano. As manchas, regiões claras e escuras da Lua, podiam ser entendidas pela existência de nuvens que impediriam a reflexão da luz ou pelo movimento da água pelo vento. É nítido o uso que o cientista faz da experiência cotidiana sobre a reflexão da luz no mar.

Neste exercício de reflexão, da Vinci lança mão de argumentar sobre a composição da Lua para elaborar uma explicação científica para as manchas lunares. A seguir, dois desenhos em de Leonardo da Vinci mostra as manchas da superfície lunar.

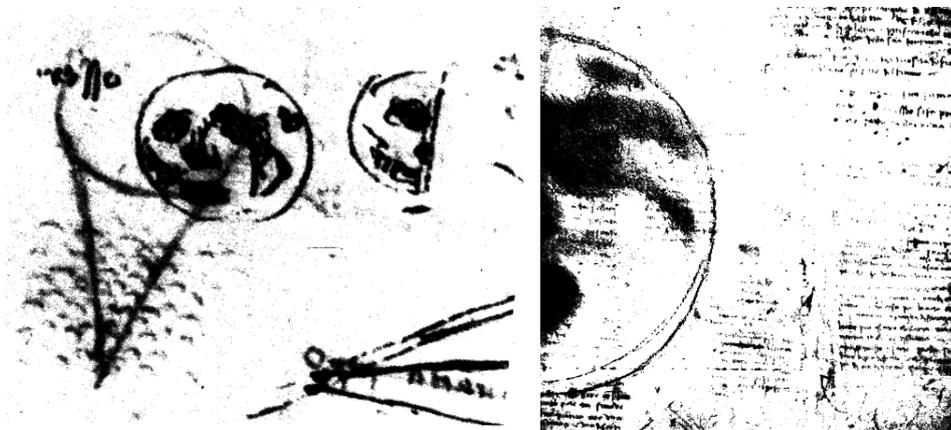


Figura 2.4: Desenhos da superfície da Lua elaborados por Leonardo da Vinci, entre 1505 e 1508 (REAVES & PEDRETTI, 1987).

Dessa discussão, precisamos enfatizar que na época ainda não estava disponível a teoria moderna do modelo heliocêntrico, sendo o geocentrismo, com sua concepção de Lua perfeita, o paradigma vigente.

Dada a reconhecida inventividade davinciana, que projetou dispositivos de vanguarda como paraquedas, tanque blindado, aparelho de mergulho, ponte giratória, asa delta entre outros, podemos dizer que de certa maneira ele também avançou seu tempo com relação a natureza da Lua. Cabe relacionar a

³⁶ Others say that the moon is composed of more or less transparent parts; as though one part were something like alabaster and others like crystal or glass.

atuação polivalente e multidisciplinar de da Vinci, e ver como em sua descrição da Lua está presente as contribuições de vários campos do conhecimento, ao menos da Geologia, Óptica e Arte.

A formação de conceitos é um processo que entram em cena diferentes visões, que discutem, debatem e elaboram uma resposta para um problema. Na conceituação do italiano, podemos ver que ela é toda direcionada para resolver o problema da aparência manchada da Lua, ou seja, o conceito era orientado a uma finalidade. Generalizando, esse caso ajuda-nos a argumentar que a formação de um conceito não é gratuita, mas existe somente dentro de uma atividade e orientada a um motivo.

- As observações de Thomas Harriot e Galileu Galilei.

Neste episódio da História da Ciência, apresentaremos as observações de dois homens que apontaram suas lunetas para a Lua, o inglês Thomas Harriot (1560-1621) e o italiano Galileu Galilei (1564-1642). O objetivo é discutir como a formação conceitual se ancora nas atividades prévias dos sujeitos.

O inglês provavelmente é o primeiro a fazer um registro da superfície lunar observada através de sua luneta que a aumentava seis vezes. O desenho de 26 julho de 1609 mostra uma superfície com poucos elementos, manchas, e uma linha do terminador bastante irregular, meio quebradiça (Figura 2.5a). Não há comentários ou descrições escritos do que seriam as estruturas e o objetivo da observação era determinar o instante da quadratura.

Alguns meses depois, com uma luneta com vinte vezes de aumento, o italiano faz uma série de registros Lua e os publica no ano seguinte, em março 1610, no livro **O mensageiro das estrelas**. As gravuras produzidas por Galileu são mais detalhadas, mostram uma superfície com irregularidades que foram exageradas pela técnica de pintura empregada (Figura 2.5c-d). A aparência da linha do terminador também é quebradiça e explicada por elevações e depressões no relevo, que se fosse liso produziria uma linha perfeita. No livro, Galileu descreve suas observações,

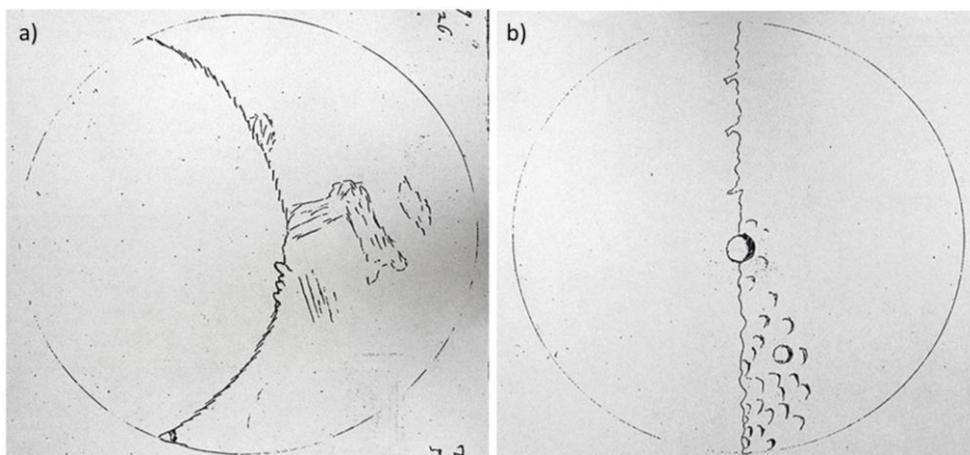
Eu distingo duas partes desta superfície, uma clara e outra escura, a parte clara parece cercar e permear todo o hemisfério, enquanto a parte mais escura descolore a superfície da lua como uma espécie de nuvem, e faz parecer coberto de manchas. [...]

A partir de observações dessas manchas repetidas muitas vezes fui levado para a opinião e convicção de que a superfície da Lua não é lisa, uniforme, e precisamente esférica como um grande número de filósofos acreditam (e os outros corpos celestes) ser, mas é desigual, áspera e cheia de cavidades e proeminências, não sendo contrária à face da terra, revelada por cadeias de montanhas e profundos vales.

[...] a fronteira que divide a parte escura da parte clara não se estende de maneira uniforme em uma linha oval como aconteceria em um sólido perfeitamente esférico, mas traça uma linha desigual, áspero, e muito ondulada. (GALILEI, 1610:4-5, tradução nossa³⁷)

A partir das observações pela luneta, Galileu provê um conceito de Lua que é contrário ao conceito corrente. Os opositores a esta elaboração afirmam que o instrumento insere distorções na visão e que por isso a nova imagem seria falsa³⁸.

Segundo consta (HOLTON, 1998; CHAPMAN, 2008), após conhecer estes desenhos e descrições, o inglês Harriot retoma suas observações e faz uma série de novos registros, cujo primeiro é datado de 17 de julho de 1610 (Figura 2.5b).



³⁷ I distinguish two parts of this surface, a lighter and a darker; the lighter part seems to surround and to pervade the whole hemisphere, while the darker part discolours the moon's surface like a kind of cloud, and makes it appear covered with spots. [...]

From observations of these spots repeated many times I have been led to the opinion and conviction that the surface of the moon is not smooth, uniform, and precisely spherical as a great number of philosophers believe it (and the other heavenly bodies) to be, but is uneven, rough, and full of cavities and prominences, being not unlike the face of the earth, relieved by chains of mountains and deep valleys. [...]

the boundary which divides the dark part from the light does not extend uniformly in an oval line as would happen on a perfectly spherical solid, but traces out an uneven, rough, and very wavy line..

³⁸ Ver CHALMERS (1994) e FEYRABEND (2007), para discussão sobre a recepção das observações de Galileu pela comunidade sábia da época.

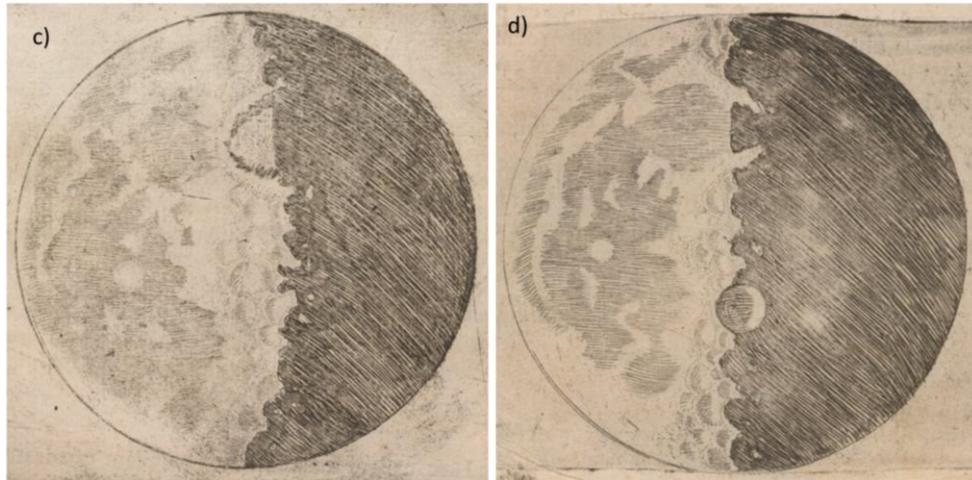


Figura 2.5: Desenhos da superfície da Lua elaborados por Thomas Harriot em 1609 e 1610 (a e b) e por Galileu Galilei em 1609 (c e d).

A diferença entre os desenhos levou historiadores da ciência e da arte a investigarem algumas das possíveis causas. É com base no historiador Samuel Edgerton, que Holton (1998) descreve a seguinte hipótese.

Na Inglaterra da época o desenvolvimento de técnicas de pintura estava atrasada, sendo o texto literário - e Willian Skakespeare - a maior expressão artística da época. A formação científica de Harriot era sólida, abrangendo matemática, geometria, astronomia e navegação. Ele foi atraído pelo estudo do movimento dos planetas após gostar do elegante modelo heliocêntrico de Copérnico.

Na Itália, contudo, a pintura renascentista e as técnicas de perspectiva havia atraído o interesse de intelectuais e artistas. Em 1562, como professor de matemática, Galileu ensinava geometria e perspectiva. O professor Edgerton aponta que Galileu ensinava e participava de estudos de uma técnica de pintura conhecida como *chiaroscuro* – claro/escuro – que projeta a perspectiva pela alteração de coloração.

O tratado de Guidobaldo, 'Perspectivae Libri Sex', publicado em Pesaro, em 1600, contém uma seção completa de estudos realizados por Galileu sobre *chiaroscuro*. [...] O tratado consistia em duas seções. A primeira, fornecendo instruções padrões de como projetar sólidos multifacetados. A segunda, numa série de 24 pranchas ilustrava diversos desenhos mostrando esferas com protuberâncias e canais escavados. (EDGERTON, 2006:17 *apud in* NEVES & SILVA, 2010:24)

Na figura 2.6 apresentamos os objetos sólidos com protuberâncias e cavidades utilizados para o treino da técnica de pintura que usa luz e sombra para representar a perspectiva.

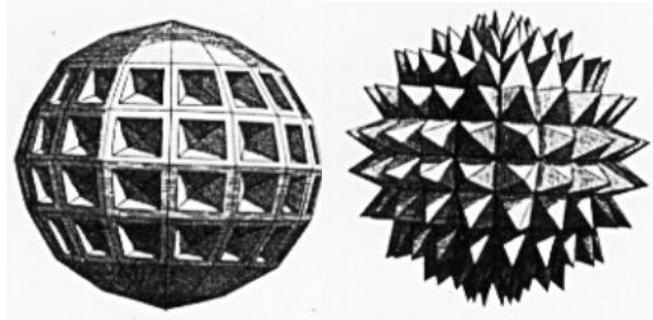


Figura 2.6: Objetos sólidos com buracos e proeminências que eram utilizados para treinamento da técnica de pintura do *chiaroscuro*.

A tese destes historiadores é que o italiano, por conta destes estudos e atividades artísticas tinha um “hábito de visualização” diferente do inglês e o usou como “instrumento de imaginação”. Assim, em 1609, os exercícios de visualizações que Galileu havia treinado alguns anos antes, tornaram-se mediadores para a compreensão da observação das crateras lunares.

Neste episódio, além do próprio debate sobre a aparência lunar como parte da construção histórica do conceito, podemos destacar outros dois pontos; a questão entre “ver” e “saber ver” para a nova elaboração conceitual e o papel da experiência pessoal prévia na busca de um significado, mesmo este sendo um “fato” científico.

Isso mostra que um determinado conceito-atividade não emerge de qualquer atividade, mas que as condições concretas determinam algumas das conceituações possíveis.

- As imagens da **A ascensão da Virgem Maria**.

Esta discussão mostra como o conceito de Lua traz consigo o conflito de interesses e a ânsia por poder e controle entre a Ciência e a Religião, e que repercutiu na atividade artística.

Símbolo da Igreja Católica, a ascensão da Virgem Maria ao céu depois do final de sua vida terrestre é considerada uma antecipação da ressurreição dos fiéis. Esta passagem foi registrada em diversas telas de pintores famosos como Diego Velázquez (1599-1660) e Bartolomé Murillo (1617-1682) ou em afrescos como o de Ludovico Cardi, conhecido como Cigoli (1559-1613).

Em geral essas representações retratam a Virgem Maria sobre uma Lua lisa e brilhante, subindo ao céu entre nuvens e anjos (Figura 2.7). Apesar do fato das obras terem sido finalizadas após a publicação do livro com as observações de Galileu, elas continuaram a ser representadas com a superfície lunar lisa. Fato não surpreendente, visto que se tratam de imagens religiosas e que agradava a Igreja a conciliação com o modelo aristotélico.



Figura 2.7: Registros em telas e afresco da **A ascensão da Virgem Maria**, de Velásquez (1618-9), Murillo (1678) e Cigoli (1612).

Contudo, existe uma hipótese de que o afresco de Cigoli, na Capela de Santa Maria Maggiore, em Roma, finalizado em 1612, pudesse retratar a Lua com a superfície cheia de crateras. De fato, há indícios que Cigoli e Galileu eram grandes amigos e trocavam correspondências (NEVES & SILVA, 2010).

Ostrow (1996) apresenta um trecho de carta de Frederico Cesi, amigo em comum de ambos, em que atualiza Galileu, sobre o andamento da pintura de Cigoli na capela:

Senhor Cigoli realizou-se divinamente na cúpula da capela de Sua Santidade em S. Maria Maggiore, e como um bom e leal amigo, abaixo da imagem da Virgem, pintou a lua na forma como foi revelado por Vossa Senhoria, com a linha divisória irregular e suas pequenas ilhas. (CESI, 1612 *apud in* OSTROW, 1996, tradução nossa³⁹)

³⁹ Signor Cigoli has carried himself divinely in the cupola in the chapel of His Holiness in S. Maria Maggiore, and as a good and loyal friend has, beneath the image of the Blessed Virgin, painted the moon in the way it has been revealed by your Lordship, with the jagged dividing line and its little islands.

Neves e Silva (2010) comentam que em 1931, um trabalho de restauração dos afrescos descobriu os detalhes deste trabalho de Cigoli que teriam sido cancelados, isto é, pintados por cima, posteriormente.

Deste episódio podemos apreender o movimento do conceito quando atravessa fronteiras, no caso entre Arte, Ciência e Religião, sendo geradores de tensões. Nessa apropriação o conceito é reelaborado e ressignificado segundo as visões de área

- Relação das marés com a fase da Lua

Neste tópico mostramos a aproximação entre a atividade dos sujeitos e o conhecimento da influência da Lua no movimento das marés. Um fenômeno marcante na superfície da Terra para os que vivem no litoral e tem atividades ligadas ao mar.

A correta explicação do fenômeno das marés foi formulada por Isaac Newton, publicada nos **Principia** em 1687, quando precisou elaborar a atração gravitacional. Antes disso, havia teorias anímicas, que explicavam o movimento do mar como um “respiro” da Terra e outras que intuía alguma relação da Lua (GIGLI, 1995).

Apesar dessa compreensão, o próprio Galileu provê uma explicação para as marés, nos **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo**, de 1632, que lança mão dos movimentos de rotação e translação terrestres e que desconsidera ou ignora qualquer relação com a Lua. Ou seja, mesmo sendo um tópico ensinado em alguns cursos da época, o conhecimento acerca da influência da Lua ainda não era totalmente aceito por Galileu.

Contudo, essa relação era conhecida também por índios brasileiros. O etnógrafo e missionário francês Claude d’Abbeville, em 1612, passou quatro meses na tribo dos índios tupinambá na região do estado do Maranhão. Em 1614, no livro ***Histoire de la mission de pères capucins en l’Isle de Maragnan et terres circonvoisines***, relata que esses indígenas atribuíam o fluxo e o refluxo no mar à Lua e que reconhecia as duas marés cheias na lua cheia e na lua nova.

É verdade que eles não conhecem a Epacta ou as Idades da Lua, no entanto eles reconhecem bem, por longa prática o Crescente e o minguante, a Lua Cheia e a Lua Nova e muitas das coisas que se relacionam a ela.

Eles chamam o eclipse da Lua de “Yaseuh pouyton”, que quer dizer noite da Lua. Eles atribuem à Lua o fluxo e o refluxo do mar, e sabem muito bem distinguir as duas marés altas que ocorrem na Lua Cheia e Nova ou poucos dias depois.

Eles acompanham também muito bem o curso do Sol, a rota que ele realiza entre os dois trópicos assim como os seus limites e bordos que não são ultrapassados. (D'ABBEVILLE, 1614:319-20, tradução de Walmir Cardoso).

Afonso (2009) cita que os mitos indígenas que descrevem a pororoca, a relaciona com a fase da Lua e que os índios sabiam quais peixes poderiam ser pescados dependendo da estação do ano e das fases da Lua.

Esses parágrafos mostram que na Europa do século XVII existiam pelo menos três descrições disponíveis para o fenômeno das marés. Se duas delas, de Galileu e Newton, eram da Ciência Moderna, a dos índios tupinambás era da vivência prática, e porque não dizer, da Ciência Indígena. Isso mostra que o conceito de Lua, como qualquer outro conceito, é fortemente ligado às atividades dos sujeitos.

Para nossa tese, importa mostrar a relação atividade e conceito, em que atividades diferentes fizeram emergir explicações diferentes para as marés e a associação delas com a Lua. A própria teoria galileana é controversa, e indica que o italiano desconsiderou a ação lunar sobre as marés para “provar” uma crença maior, a mobilidade da Terra. Não seria improvável imaginar um Galileu angustiado pelo dilema de escolher entre o fato e a crença, ambos imbricados na conceituação de Lua.

- A conquista da Lua

Como último exemplo da essencial relação entre a Lua e as atividades humanas, agora com viés político, selecionamos a conhecida corrida espacial para o pouso tripulado em nosso satélite. Dentro do contexto da Guerra Fria, a conquista da Lua simbolizava a supremacia entre duas nações e dois regimes sociopolíticos, o confronto entre Estados Unidos e União Soviética, e entre o Capitalismo e o Socialismo.

Nesse cenário de confronto, inclusive de possível ação militar, o conceito Lua encarnou novos anseios e tensões que escapavam do sentido astronômico e dirigia o orçamento das nações. Por exemplo, o programa americano Apollo que levou o homem à Lua no ano de 1969 teve um custo estimado de US\$ 20

bilhões, entre 1961 e 1972, valor equivalente a US\$ 170 bilhões nos dias atuais (LAFLEUR, 2010).

Com esses tópicos tentamos mostrar empiricamente como os conceitos podem ser entendidos como imbricados nas atividades concretas, e por isso serem complexos, dinâmicos, amorfos, ilimitados e abertos. “A História da Lua é uma história sem fim.”, e cada sujeito conta a sua história pelas atividades da qual participa.

Após esse mergulho na gênese do conceito-atividade de Lua, cremos que cabe a pergunta: “O que é ensinar Lua?”.

Essa resposta será delineada no próximo capítulo, em que inicialmente analisaremos algumas perspectivas de ensino a partir Teoria da Atividade que nos serviram de inspiração para elaborar uma proposta didática sobre a Lua e suas fases. Ou seja, nessa intervenção escolar, além de abordar o fenômeno lunar, tivemos também como objetivo ampliar o conceito de Lua tanto dentro da Ciência quanto da Cultura. No mesmo capítulo, faremos a descrição de cada um das atividades propostas aos alunos, juntamente com a análise dos dados de sua consecução.

Capítulo 3 – A proposta de intervenção e a análise dos dados

Este capítulo contém a descrição da sequência didática de quinze aulas que elaboramos para o ensino da Lua, suas fases, e de outros sentidos atribuídos a ela pela cultura popular. Apresentamos também a respectiva análise dos dados provenientes da implementação dessa proposta.

3.1 A perspectiva da Teoria da Atividade para a aprendizagem

Nesta seção discutiremos algumas implicações e perspectivas para a aprendizagem inspiradas na teoria da atividade.

Responder à pergunta “O que é aprender?” é desafiador para qualquer abordagem teórica, pois envolve concepções e relações complexas entre indivíduo, sociedade e mundo. Dependendo das escolhas, aprender pode ser adquirir conhecimento, desenvolver habilidades, ser cidadão, memorizar dados, manusear ferramentas, entre outros. Algumas interpretações da perspectiva cultural-histórica abordam a aprendizagem como um processo de enculturação, de participação social e desenvolvimento conceitual, pela apropriação e uso de ferramentas psicológicas. Engeström e Sannino (2010) discutem essa dicotomia entre formas de entender a aprendizagem com duas metáforas, que lidam com a aprendizagem como aquisição ou como participação.

Lompscher e Hedegaard (1999), na introdução de uma coletânea de trabalhos sobre aprendizagem e desenvolvimento, delineiam uma resposta para a natureza da aprendizagem:

Aprendizagem é uma forma particular de interação homem-mundo entre sujeitos conscientes (em algum nível de desenvolvimento) que agem ativamente sobre segmentos ou objetos do mundo e lidam com suas resistências e influências, interagindo nestes processos em condições societais, institucionais e sociais concretas. [...]

Aprendizagem é um complexo de diferentes processos de aquisição de experiências que levam as mudanças qualitativa e quantitativa das estruturas psíquicas (e físicas também) e das características de um indivíduo. Estes

processos estão necessariamente em curso no âmbito da atividade, que está na interação com o mundo. (p. 11-2, tradução nossa¹)

Neste sentido, a aprendizagem tem uma definição bastante abrangente, imbricada com o desenvolvimento de um sujeito no mundo e na sociedade em que vive, ou seja, ocorrendo no curso de sua atividade. Na contínua interação do sujeito com o mundo, o sujeito muda o mundo enquanto muda a si mesmo. Mais adiante, os autores apontam que a atividade de aprendizagem, entendida em um sentido mais limitado como as atividades na escola, se consolidou historicamente para o desenvolvimento do trabalho e da divisão social do trabalho. Hedegaard (2007) caracteriza essa atividade de aprendizagem como “[...] orientada consciente e voluntariamente à instrução baseada na comunicação linguística dentro das diferentes disciplinas da escola” (p. 249, tradução nossa²). Sobre a formação de conceitos nesta atividade escolar, ela explica:

A apropriação de conceitos em um sistema de conhecimento dá à criança a possibilidade de usá-los de forma consciente e intencional. Os vários assuntos na escola são sistemas dentro dos quais a criança pode vir a agir conscientemente e intencionalmente com conceitos (p. 248, tradução nossa)³.

Nessa descrição ela explicita uma das funções da escola, talvez a principal para o ensino de ciências, a sistematização conceitual.

Nas últimas citações e suas respectivas análises vemos pelo menos dois níveis do que é “aprender”, um dado na atividade do mundo, onde os conceitos a serem aprendidos “são” e “estão” no mundo, e outro na escola, numa atividade intencional, em que os conceitos estão organizados dentro de um sistema. Essa dicotomia é apontada como um dos problemas da educação, o conhecimento escolar não é reconhecido como ferramenta para leitura e

¹ Learning is a particular form of world-man-interaction between conscious subjects (on a certain developmental level) actively acting upon segments or objects of the world and coping with its resistances and influences, interacting in these processes under concrete societal, institutional and social conditions [...]

Learning is a complex of different process of acquisition of experiences leading to qualitative and quantitative changes in psychic (and physical as well) structures and features of an individual. These process are necessarily going on in the framework of activity, that is in interaction with the world.

² [...] conscious voluntary orientation to instruction [...] based on linguistic communication within the different subjects in school.

³ The appropriation of concepts within a system of knowledge gives the child a possibility to use them consciously and intentionally. The various subjects in school are system within which the child can come to act consciously and intentionally with concepts.

interpretação do mundo fora da escola. Como já dissemos, Engeström (1991) chama essa tese de encapsulação ou envelopamento escolar.

Neste trabalho o finlandês apresenta e discute três propostas de ensino-aprendizagem a partir da teoria da atividade. Como elas serviram de inspiração para elaboração das atividades de nossa intervenção, vamos descrevê-las a seguir.

A primeira abordagem é o método da ascensão do abstrato ao concreto, desenvolvido principalmente por Davydov (1998; 1990). Trata-se de um método dito genético, pois o foco é elaborar uma teoria a partir do estudo das relações particulares e generalizações.

“Uma pessoa analisa algum sistema de objetos evoluído para então descobri-lo em um princípio que é geralmente anterior, essencial, ou universal (uma relação). A identificação e gravação deste princípio são uma generalização substantiva do sistema particular. Usando generalização, a pessoa pode traçar a *origem* de determinadas e singulares características do sistema em sua mente a partir de sua fundação genética original e universal.” (DAVYDOV, 1998:25, tradução nossa⁴)

Essa abordagem se diz genética porque procura desvelar as condições, leis e relações para a origem do conceito. Pelo fato deste conceito conter seu princípio de origem, também chamado de célula-germe, seria mais poderoso como ferramenta para analisar o mundo. Engeström chamou essa abordagem de contexto da descoberta.

Os termos abstrato e concreto são empregados com sentidos diferentes dos que normalmente são conhecidos. Em geral, tem-se que a formação de um conceito seja um ato de máxima abstração a partir de elementos do concreto. Contudo, há uma inversão no sentido empregado por Davydov, com base no materialismo dialético, como o próprio explica:

Lembramos que nela o "concreto" implica um particular, objeto sensorialmente percebido ou sua imagem visual, e "abstrato" implica propriedades particulares repetitivas, similares de alguma coleção de objetos que são mentalmente destacadas desses objetos e consideradas de forma independente. Formar uma abstração significa encontrar tais propriedades gerais e de separá-las das outras

⁴ A person analyzes some evolving system of objects to then discover in it a principle that is generally prior, essential, or universal (a relationship). The identification and recording of this principle are a substantive generalization of the particular system. Using generalization, a person can then trace the *origin* of particular and singular characteristics of a system in his mind from its genetically original and universal foundation.

mentalmente. Em seguida, é possível lidar apenas com essas propriedades abstraídas sem conceber todo o objeto com as suas propriedades intactas. Claramente, o conteúdo de tal abstração não existe realmente (DAVYDOV, 1990:130, tradução nossa⁵).

Como dissemos anteriormente, essa compreensão argumenta contra a visão de aprendizagem de conceitos por meio da abstração, que ele também chama de abstração vazia e afirma que não existe na realidade. Para o russo, o processo de formação de conceitos parte da identificação de uma relação geral (abstração) para a aplicação em análises subsequentes (generalização), em um movimento que sintetiza um conceito. Este procedimento levaria a um tipo de conceito ou conhecimento que Davydov chamou de teórico, em oposição ao empírico, conceitos que identificam, comparam, nomeiam e classificam a realidade. A crítica de Davydov à diferenciação entre conceitos cotidianos e científicos é que eles não dizem nada sobre o conteúdo do conceito, a “[...] diferença entre os conceitos cotidianos e os científicos foi encontrada, não em seu conteúdo objetivo, mas no método e nas formas de domínio” (DAVYDOV, 1990:89, tradução nossa⁶).

Por um lado, podemos entender o foco da solução davydoviana no desenvolvimento de poderosas ferramentas intelectuais de maneira que os alunos possam usá-las no mundo.

De maneira um pouco mais resumida, Libâneo (2004) transcreve uma citação de Davydov em que o russo articula outras reflexões sobre seu método.

Em sua atividade de aprendizagem, as crianças reproduzem o processo real pelo qual os indivíduos vêm criando conceitos, imagens, valores e normas. Portanto, o ensino de todas as matérias na escola deve ser estruturado de modo que, como escreveu Ilyenkov, “seja reproduzido, de forma condensada e abreviada, o processo histórico real da gênese e desenvolvimento do conhecimento”. (DAVYDOV, 1988b:21-2; *apud in* LIBÂNEO, 2004)

⁵ We recall that in it the “concrete” implies a particular, sensorially perceived object or its visual image, and the “abstract” implies repetitive, similar, particular properties of some collection of objects that are mentally detached from these objects and considered independently. To form an abstraction means to find such general properties and to detach them from others mentally. Then it is possible to deal only with these abstracted properties without conceiving of the entire object with its properties intact. Clearly, the content of such an abstraction does not really exist.

⁶ [...] difference between everyday concepts and scientific ones was found, not in their objective content, but in the method and ways of mastery.

Ou seja, a proposta é que o ensino deve simular as atividades em que os conceitos foram originados de modo que os alunos reproduzam o processo no qual foram criados conceitos, imagens, valores e normas.

A segunda abordagem para o aprendizado citada no artigo do finlandês é a comunidade de prática, elaborada por Lave e Wenger, que considera o aprendizado como uma participação contínua e cada vez mais central em uma prática social.

Segundo esta ideia, a aprendizagem necessita despertar fortes motivos no aprendiz que são relacionados com o valor social da prática reconhecido pelo grupo ou comunidade. Em outras palavras, o aprendizado de determinada prática estaria fortemente relacionada com o sentimento de pertencimento ao grupo.

Estar vivo, como seres humanos significa que estamos constantemente engajados na busca de empreendimentos de todos os tipos, desde garantir nossa sobrevivência física até buscar os prazeres mais elevados. Como nós definimos esses empreendimentos e o engajamento em sua busca conjunta, nós interagimos uns com os outros e com o mundo e nós sintonizamos nossas relações uns com os outros e com o mundo em conformidade. Em outras palavras, aprendemos. [...] Estas práticas são, portanto, a propriedade de um tipo de comunidade criada ao longo do tempo pela busca constante de um empreendimento compartilhado. Faz sentido, portanto, chamar esses tipos de comunidades de comunidades de prática. (WENGER, 1998:45, tradução nossa⁷)

Nesta passagem notamos uma definição abrangente de aprendizagem, segundo nossa interpretação, dada pelo engajamento coletivo em atividades. Esta elaboração vem de análises do aprendizado de grupos específicos como índios mexicanos, açougueiros americanos ou os alcoólicos anônimos. De fato, por não existirem cursos formais curandeira, corte de carne ou de reabilitação do uso de álcool, esses aprendizados se dariam na convivência dentro dessas comunidades. Apesar dessa noção ser pouco voltada para o ambiente escolar, a sugestão de Engeström para o ensino das fases da Lua seria a de simular a

⁷ Being alive as human beings means that we are constantly engaged in the pursuit of enterprises of all kinds, from ensuring our physical survival to seeking the most lofty pleasures. As we define these enterprises and engage in their pursuit together, we interact with each other and with the world and we tune our relations with each other and with the world accordingly. In other words we learn. [...] These practices are thus the property of a kind of community created over time by the sustained pursuit of a shared enterprise. It makes sense, therefore to call these kinds of communities, communities of practice.

atividade diária dos astrônomos: a e análise de dados, a elaboração e uso de modelos, pesquisa entre outros. O finlandês denomina esta abordagem de contexto da aplicação.

A terceira proposta analisada é a aprendizagem por expansão, do próprio Engeström (1987), que resume esse aprendizado como “aprender o que não está lá...”, que no caso de seus estudos em ambientes corporativos, trata-se de novas formas de trabalho ou conceitos.

A ideia central é qualitativamente diferente tanto da participação quanto da aquisição. Na aprendizagem expansiva, os aprendizes aprendem algo que ainda não está lá. Em outras palavras, os aprendizes constroem um novo objeto e conceito para sua atividade coletiva, e implementam este novo objeto e conceito na prática. (ENGESTROM & SANNINO, 2010:2, tradução nossa⁸)

A aprendizagem expansiva amplia o objeto de estudo, que no caso da escola é o próprio contexto de aprendizagem, por isso ele a chama de contexto da crítica.

A implementação de uma intervenção dessa natureza pressupõe uma reformulação da prática escolar, em que os alunos analisam criticamente sua atividade - currículo, livros, ambiente, práticas, instrumentos - e elaboram um novo conceito. Neste caso, o próprio contexto da aprendizagem é alterado.

Ao final do artigo, Engeström (1991) mostra o caráter complementar das três propostas,

O contexto da crítica enfatiza os poderes de resistir, questionar, contradizer e debater. O contexto da descoberta enfatiza os poderes de experimentar, modelar, simbolizar e generalizar. O contexto da aplicação enfatiza os poderes da relevância social e a aplicabilidade do conhecimento, do envolvimento da comunidade e da prática guiada. (ENGESTRÖM, 1991:255, tradução nossa⁹).

E por fim, vislumbra uma possível intervenção escolar em que os alunos: [...] procedam através de (1) uma análise crítica do modo tradicional de apresentar e conceber mal o material astronômico, bem como as imagens e fantasias criadas em encontros com a cultura popular dos meios de comunicação; (2) um processo davydoviano de descobrir, modelar e usar um "germe" de abstração para dar

⁸ The core idea is qualitatively different from both acquisition and participation. In expansive learning, learners learn something that is not yet there. In other words, the learners construct a new object and concept for their collective activity, and implement this new object and concept in practice.

⁹ The context of criticism highlights the powers of resisting, questioning, contradicting, and debating. The context of discovery highlights the powers of experimenting; modeling, symbolizing, and generalizing. The context of application highlights the powers of social relevance and embeddedness of knowledge, community involvement and guided practice.

conta de toda a disciplina da astronomia; e (3) um envolvimento no uso e na reprodução de conceitos astronômicos numa prática social relevante dentro ou fora da escola, seja o que for essa prática. (ENGESTRÖM, 1991:255, tradução nossa¹⁰).

Não se pode negar a proposta didática indicada acima é abrangente e conceitualmente profunda. Contudo, tal como interessante, a proposta também é desafiadora, não sendo possível somente pela alteração de algumas aulas de Ciências, mas por uma reconceitualização da escola e todos implicados nela. Por exemplo, precisaríamos operar mudanças na divisão disciplinar, na limitação temporal das aulas, no ambiente físico das salas, na avaliação dos alunos, nos instrumentos disponíveis, entre outros.

Como dissemos, estas propostas didáticas serviram de inspiração para a elaboração de nossa sequência de aulas e atividades cujos objetivos centrais eram mobilizar e formar adequadamente um modelo conceitual para as fases da Lua e promover uma reflexão sobre as facetas do conceito de Lua segundo suas atividades genéticas.

Em outras palavras, estamos sugerindo que a articulação desses três contextos de aprendizagem promove a formação do conceito-atividade.

Na próxima seção, faremos uma descrição da escola, da ocorrência das aulas, das atividades aplicadas e dos registros colhidos dos alunos. Para cada atividade faremos uma discussão de como ela se relaciona com os contextos de aprendizagens relacionados acima e para cada registro dos alunos faremos as devidas análises.

3.2 A intervenção, os dados e algumas análises

O contexto escolar

A intervenção foi negociada e realizada com a parceria de um professor de Física, membro do nosso grupo de pesquisa. Ele tem licenciatura em Física e mestrado em Ensino de Ciência. Nas escolas na qual trabalhou, o professor é

¹⁰ [...] proceed through (1) a critical analysis of the traditional way of presenting and misconceiving astronomical material, as well as of images and fantasies created in encounters with mass mediated popular culture, (2) a davydovian process of finding, modeling and using a “kernel” abstraction to make sense of the entire subject matter of astronomy, and (3) an involvement in using and reproducing astronomical concepts in a relevant social practice inside or outside school, whatever that practice might be.

reconhecido por trazer propostas de aulas que contextualizam os conceitos físicos e por manter uma abordagem dialógica com os alunos. Nas aulas, ele procura abrir espaço para a manifestação dos alunos e promover a participação pedindo que explicitem suas concepções.

As aulas duraram todo o primeiro bimestre letivo de 2013, percorrendo os meses de fevereiro a abril. Trata-se de uma grande escola particular, católica, da zona sul da cidade de São Paulo e que atende a classe média. A escola dispõe de todos os segmentos da educação básica, desde o berçário até ensino médio. Como opção, a escola oferece o período integral ou a formação bilíngue (inglês). A intervenção foi autorizada pela direção e coordenação da escola, que tiveram conhecimento do projeto por meio de uma carta de apresentação elaborada pelo pesquisador e orientador (Anexo 3). Os pais dos alunos foram avisados do projeto por meio do recebimento do termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 4), no qual consta uma autorização para o uso de imagem e som para fins de pesquisa acadêmica.

A sequência didática foi aplicada em quatro turmas de um nono ano, composta por alunos com idade média de 14 anos, durante as aulas da disciplina de Ciências. Cada sala de aula tinha em média 25 alunos, os quais, quando necessário, se organizaram em seis grupos de quatro integrantes. A intervenção se resumiu a 15 aulas, que somadas aos feriados, aplicação e correção de uma prova e um evento religioso da escola, perfizeram todo o primeiro bimestre. Ou seja, não houve margem para expandir ou complementar alguma atividade ou discussão para além das que iremos descrever a seguir.

A organização curricular desta escola divide a disciplina de Ciências do 9º ano entre dois professores, um de Física e um de Química, que trabalham de maneira inteiramente independente. Por semana cada professor tinha duas aulas de 45 minutos. O livro didático adotado para a disciplina é o **Ciências naturais: aprendendo com o cotidiano** (9º ano) (CANTO, 2010). Nos anos anteriores a disciplina de Ciências é ministrada por um professor formado em Biologia.

No sistema de avaliação da escola ao invés de notas quantitativas são usadas qualificações: PA (objetivo plenamente atingido), A (objetivo atingido), P (objetivo parcialmente atingido) e N (objetivo não atingido), as quais são

atribuídas ao trabalho dos estudantes tendo como referência os objetivos específicos traçados no planejamento do bimestre em curso.

A seguir descrevemos as atividades propostas, a condução das aulas e uma análise dos registros dos alunos. Como organização do texto, optamos por descrever e discutir as atividades propostas aos alunos, e não das aulas uma por uma, pois existiram atividades que se desenvolveram em mais de uma aula ou mesmo em casa.

A sequência didática e análise dos dados

A elaboração das atividades didáticas foi feita conjuntamente entre o professor e o pesquisador; ambos trouxeram suas experiências prévias com relação ao Ensino de Astronomia, pesquisas de outros materiais didáticos além de ideias e vontades. Em duas reuniões de quatro horas cada, as atividades foram selecionadas, elaboradas ou reelaboradas, e organizadas de maneira que o conjunto construísse uma concepção científica adequada de Lua e os fenômenos vinculados a ela, mas que também trouxesse alguns dos outros sentidos dados pelo desenvolvimento histórico da cultura humana.

Em outras palavras, nosso intuito foi propor uma maneira de abordar um tradicional conteúdo de Astronomia - a Lua e suas fases - de forma que este conhecimento tivesse um significado fora do contexto escolar, explicitando sua natureza humana, oriunda das práticas humanas, inclusive a científica. Para explicitar os pressupostos na escolha das atividades, identificaremos - como “ênfase didática” - os contextos de aprendizagem que podem ser associados à proposta.

Nesta organização, principalmente por questão do tempo empregado no trabalho com os alunos, algumas atividades específicas foram descartadas, como a que discutia hipóteses para a origem das crateras lunares, a conquista da Lua, a Lua na Arte, o relógio lunar e as marés. Além do fator tempo, as três primeiras atividades precisariam envolver o trabalho com outras disciplinas.

O pesquisador esteve presente na maioria das aulas como observador participante (BOGDAN & BIKLEN, 1994), em que registrou notas de campo e interagiu com os grupos de alunos. Nas aulas, o registro para obtenção dos dados foi por meio da produção escritas dos alunos, registro fotográfico ou gravação das aulas em plano geral.

Considerando a grande quantidade e semelhança dos registros escritos (mais de 200 páginas), optamos por descrever e analisar individualmente os trabalhos das duas primeiras turmas (A e B). A descrição de todos tornaria o texto longo, repetitivo e, do nosso ponto de vista, não traria novos insumos para dissertação. Isso não significa que desconsideramos os trabalhos das outras duas turmas (C e D), mas que eles não forneceram novos dados para suportar nossas ou outras conclusões nesse momento da pesquisa. Evidente que há registros diferentes em relação ao conjunto anterior, mas são casos isolados (dois ou três em doze) e de uma especificidade que precisariam ser considerados como um estudo de caso detalhado e serem acompanhados com mais detalhes, com entrevistas clínicas, que infelizmente não temos. Em outras palavras, acreditamos que as conclusões apontadas na dissertação não seriam afetadas se descrevêssemos e analisássemos todos os registros. De qualquer maneira, todos os registros serão disponibilizados para apreciação da banca julgadora em um arquivo digital.

A qualidade do registro do áudio não é sequer satisfatória, existe um grande ruído de fundo que impede a compreensão da conversa do grupo que cada câmera estava focada (duas por aula). Por isso, a transcrição e análise da interação discursiva entre os alunos serão apresentadas quando possível e pertinente, isto é, quando houver compreensão nítida do que se fala e for relevante para entender o processo de construção conceitual dos alunos.

As fotografias dos alunos serão apresentadas com um quadro negro cobrindo seus rostos ou nome da escola para não permitir a identificação deles. Os trabalhos mais ilustrativos serão exibidos no corpo do texto, todos os outros estarão disponíveis em arquivo digital. Vamos às atividades.

Atividade 1: Qual o tamanho da Lua?

Duração: 1 aula

Descrição: O professor levou para sala de aula diversos tipos bolas com tamanhos bem diferentes, bolas de isopor ou utilizadas em esportes e cedidas pelo professor de Educação Física. As bolas foram dispostas no centro da sala de aula e os alunos foram orientados para discutirem em grupo quais bolas poderiam representar a Terra e a Lua. Os alunos também foram orientados a medirem o diâmetro das bolas que escolheram.

No final da aula um integrante de cada grupo foi à frente da sala de aula e mostrou as bolas que escolheram para representar os dois astros.

Objetivo: Propor uma primeira reflexão sobre o sistema Terra-Lua (TL) a partir dos conhecimentos prévios dos alunos sem instrução detalhada. As dimensões astronômicas (diâmetros e distâncias) são enormes, comparadas às cotidianas, e as proporções entre elas são importantes para a apreensão adequada do sistema Terra-Lua e na explicação das fases da Lua. Assim, essa atividade promove uma reflexão sobre uma propriedade do sistema que não é obtida pela experiência direta. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registros: Notas de campo e fotografias da apresentação de cada grupo.

Resultados: Não temos registros das conversas entre os alunos ou sobre suas justificativas para as escolhas realizadas. Em geral os grupos escolheram uma bola maior para representar a Terra e uma menor para a Lua (Figura 3.1a). Um grupo em cada sala escolheu uma bola maior para representar a Lua e menor para representar a Terra (Figura 3.1b). Os alunos desenvolveram soluções criativas para obter a medida do diâmetro das bolas (c e d).



Figura 3.1: Exemplos da apresentação dos alunos sobre o tamanho relativo entre a Terra e a Lua (a e b) e a medida do diâmetro das bolas (c e d).

Para investigarmos os motivos que levaram alguns alunos a escolherem uma bola maior para a Lua, elaboramos uma questão na avaliação mensal que pedia uma possível justificativa para a escolha feita por esses grupos. Nas respostas elaboradas encontramos argumentos bem interessantes: “como a Lua é mais brilhante que as estrelas, ela deve ser grande”, ou “como a Lua e o Sol parecem ter o mesmo tamanho quando visto no céu, a Lua deve ser tão grande quanto o Sol”, ou ainda “a Lua Cheia é grande”, referindo-se provavelmente quando observada no horizonte.

Atividade 2: Qual a distância da Lua?

Duração: 4 aulas

Descrição: Essa atividade é uma continuação da anterior. A partir das bolas que os alunos escolheram na aula anterior, eles deveriam estimar a distância entre os dois astros. Novamente, um ou dois integrantes de cada grupo foram convidados a ir à frente da sala para mostrar a distância estimada (Figura 3.2). O professor mediu a distância com uma fita métrica. Ao final da aula ocorreu a exibição de um vídeo¹¹ em que pessoas são inquiridas por um entrevistador a colocarem, numa distância proporcionalmente correta, uma bola de basquete, correspondente à Terra, e uma bola de tênis, correspondente à Lua. Nele, os alunos percebem que suas estimativas são iguais às das outras pessoas que aparecem no vídeo, universitárias e adultas. Como conclusão, tem-se que ninguém infere corretamente as dimensões astronômicas do sistema TL. A seguir os alunos foram orientados a pesquisarem os valores dos diâmetros e da distância Terra-Lua para a próxima aula.

Na segunda aula o professor retomou o vídeo, os valores que os alunos pesquisaram e as medidas que fizeram do diâmetro das bolas escolhidas e da distância entre elas¹². O professor discorreu sobre razão entre dois números e escala e proporção matemática. Para montar uma maquete em escala correta, o professor escolheu duas bolas de isopor com diâmetros adequados (4:1), e prendeu cada uma delas a um pedaço de barbante também na escala correta (120:1), em que considerou a diâmetro da Lua como unidade. A seguir, pediu

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=Bz9D6xba9Og>

¹² Quando referirmos ao trabalho com bolas e lanternas para a discussão do modelo TL ou TSL, daremos o nome de modelo material ou maquete.

para os alunos retomarem os tamanhos e distância estimados nas duas aulas anteriores e corrigirem seus modelos, alterando o tamanho de uma das bolas e da distância entre elas.

Em outras duas aulas o professor resolveu exercícios sobre proporção e escalas, correções de maquetes do sistema Terra-Lua e do sistema constituído por Júpiter e seus quatro maiores satélites.

Objetivo: Elaboração de um modelo material para o sistema TL e aplicação de um procedimento para visualização e comparação das dimensões da escala astronômica. O vídeo permite os alunos compararem suas concepções com as de outras pessoas e notarem a impossibilidade da apreensão da escala dessas dimensões pelos sentidos humanos e no cotidiano imediato.

Mais uma vez, a compreensão da escala correta do modelo astronômico é muito importante para a formação adequada do conceito do sistema TL e das fases da Lua. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registro: Notas de campo e fotografias da apresentação de cada grupo.

Resultados: Nenhum grupo se aproximou da escala correta, que seria colocar a Lua a uma distância de cerca de 120 vezes seu próprio diâmetro ou 30 vezes o diâmetro da Terra. De maneira geral, os alunos posicionaram a Lua muito próxima a Terra, a uma distância entre duas a seis vezes o seu diâmetro. Os alunos mostraram surpresa ao conhecerem a escala correta.

Na correção das dimensões de suas maquetes, os alunos alteraram o tamanho de um dos astros e então acertavam a distância entre eles.



Figura 3.2: Exemplos da apresentação dos alunos sobre a distância relativa entre a Terra e a Lua (a e b).

Um fato interessante a ser destacado é que durante a apresentação dos alunos sobre a escolha das bolas, eles tinham a necessidade de colocar a Lua sempre em uma posição superior à Terra. Quando um dos alunos colocou a Lua abaixo da Terra, uma colega levantou sua mão (Figura 3.2a). Acreditamos que essa atitude mostra uma “crença”, construída da vivência, explicada pelo fato de observarmos a Lua no céu “acima” do solo, tomado como Terra. O fato dos alunos colocarem a Lua acima da Terra mostra a transposição dessa visão para a maquete, em que a Lua também fica “acima”. O exercício mostrou como as dimensões astronômicas são, de fato desconhecidas dos alunos e pouco tangíveis em uma modelização rápida.

Atividade 3: O sistema Terra-Lua no livro didático.

Duração: 1 aula.

Descrição: A partir do trabalho com a escala das aulas anteriores, os alunos foram orientados a analisarem e corrigirem a figura do sistema Terra-Lua presente no livro didático adotado. O trabalho ocorreu em grupo. Ao final da aula o professor fez uma apresentação de algumas imagens retiradas de *sítes* da internet, todas com escalas inadequadas e sugeriu os alunos a elaborassem uma representação correta.

Objetivo: Continuar a explorar as dimensões e propriedades do modelo Terra-Lua, mas agora com uma perspectiva de analisar e criticar a limitação de suas representações e criar outras maneiras de fazê-las. Por questionar a correção do livro didático e requerer a criação de um instrumento mediador, entendemos que essa atividade pode ser considerada como o contexto da crítica.

Registro: Notas de campo e fotografias do trabalho dos alunos.

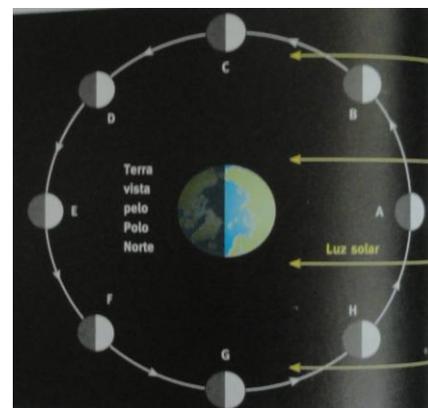


Figura 3.3: Esquema das fases da Lua do livro didático.

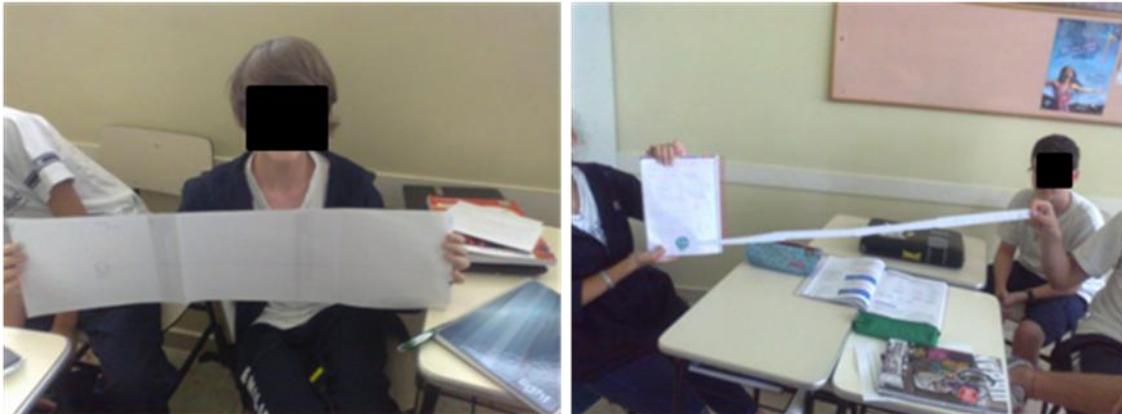


Figura 3.4: Exemplos das soluções criadas pelos alunos para correção da escala da figura apresentada no livro didático.

Resultados: Os alunos reconhecem rapidamente a inadequação do desenho do livro. Ao fazerem a correção do esquema, alterando o tamanho de um dos astros e posteriormente a distância entre eles, notaram que a melhor solução seria diminuir consideravelmente o tamanho da Lua. Perceberam também a dificuldade em enquadrar o esquema correto cabe em uma página do caderno.

Para representarem as dimensões do sistema em escala, os alunos emendaram duas ou três folhas de papel (Figura 3.4) para fazerem o desenho ou uniram dois círculos de papel com um barbante. Um grupo em cada sala conseguiu enquadrar o sistema usando somente uma folha de caderno diminuindo bastante o diâmetro da Lua.

O professor mostrou esse esquema para o restante da sala e questionou sobre o motivo dos livros didáticos não optarem por essa representação. Os alunos reconheceram que seria difícil confeccionar os desenhos em escala sem perder os detalhes dos astros. Um aluno sugeriu que os livros digitais apresentassem um esquema animado e outro aluno que os livros fossem acompanhados de kits para a construção do modelo.

Atividade 4: A Lua no cotidiano (cartaz).

Duração: 2 aulas.

Descrição: A maior parte desta atividade foi realizada fora do período das aulas, sendo um trabalho individual e avaliativo para casa. Contando com as orientações, finalização e apresentação, estimamos a duração de duas aulas.

A atividade completa era constituída de três tarefas: i) observação da Lua, ii) entrevista e iii) dinâmica com os familiares.

No início do projeto os alunos receberam um formulário (Anexo 5) com orientações para observar sistematicamente a Lua, ao por do Sol, por quinze dias seguidos. Em cada observação, eles deveriam registrar, utilizando sempre o mesmo desenho, a posição e aparência (fase) da Lua. O desenho final que esperávamos dos alunos deveria ser similar ao apresentado no terceiro *slide* da Figura 3.15.

A segunda tarefa era uma entrevista com pelo menos três pessoas da família com objetivo de tentar descobrir o que as pessoas sabem sobre a Lua e qual a importância do satélite para elas. Alguns exemplos de perguntas foram fornecidos aos alunos (Anexo 5).

A última tarefa foi os alunos replicarem a dinâmica da escolha das bolas representativas da Terra e Lua e da distância entre elas com os familiares. A tarefa foi sugerida após a dinâmica vivenciada pelos alunos e, se possível, com as mesmas pessoas que foram entrevistadas por eles.

Apesar das três tarefas serem individuais, sua apresentação foi feita em duplas por meio de cartazes que foram finalizados em uma aula.

Objetivo: Planejamos esta atividade com dois objetivos. O primeiro, associado à observação precisa e sistemática da Lua, revela uma relação entre a fase da Lua (aparência) e sua posição relativa ao Sol. Uma relação interna que não se obtém da percepção direta, sem direção. No desenho é possível discutir sobre o movimento de revolução da Lua e o seu período. Esse trabalho simula ainda a atividade de pesquisa de um astrônomo, requerendo disciplina e registros rigorosos.

As entrevistas e dinâmicas com pessoas próximas do círculo pessoal do aluno tinham outro objetivo, trazer elementos da cultura popular para discussão em sala de aula e levar o conhecimento escolar para fora da escola. A intenção era promover a integração dos conceitos nos dois ambientes e a participação dos alunos. Ênfase didática: contexto da descoberta e da aplicação.

Registro: Fotografias dos cartazes.

Resultados: De maneira geral os alunos não fizeram as observações como orientado, isto é, considerando sempre a mesma posição (horizonte), o mesmo horário (posição do Sol) e o mesmo esquema.

Após a análise da produção dos alunos, entendemos que a confecção desse registro requer atenção e cuidado, sendo, portanto, um procedimento de

elevada complexidade para os alunos. Por exemplo, é necessário relacionar a altura vertical da Lua com o ângulo de visualização, e transpor essa relação para o papel, um plano-cenário. Além disso, envolve disciplina na observação e atenção para reparar na alteração da aparência da Lua.

Os dois melhores desenhos dessa atividade são mostrados nos detalhes de dois cartazes (Figura 3.5) onde os alunos usaram imagens de um programa de computador e da internet.

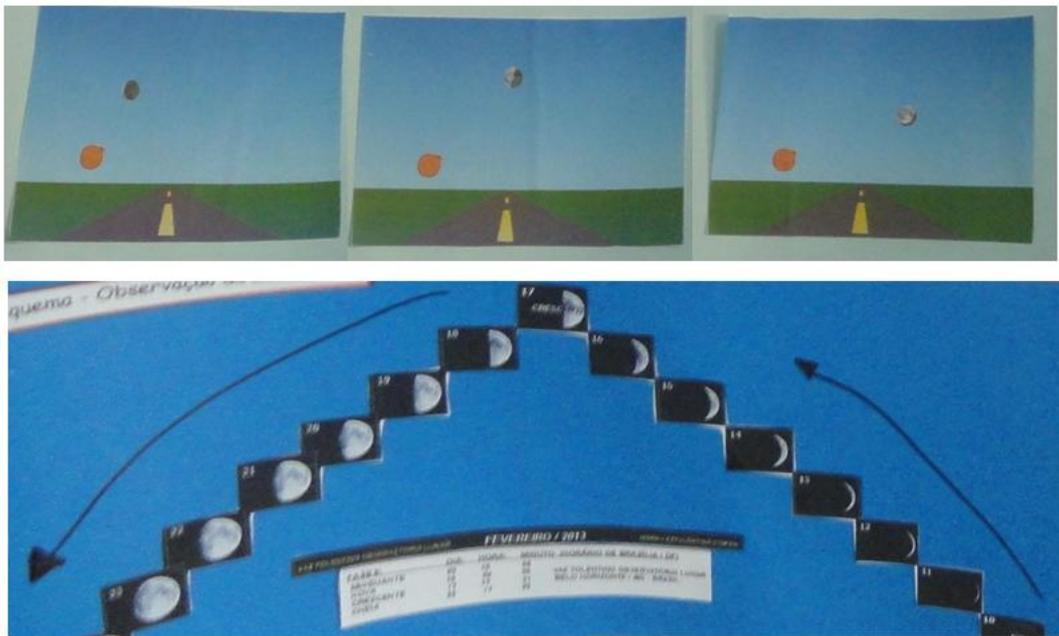


Figura 3.5: Detalhes de dois cartazes com os melhores registros da observação da Lua.

A maioria dos alunos desenhou várias aparências da Lua e relaciono-as ao calendário mensal (Figura 3.6a), ou com fotografias do céu e destaque para a forma da Lua (Figura 3.6b).

A segunda atividade relativa ao cartaz era apresentar a transcrição ou o resumo das entrevistas que com pessoas de círculo pessoal dos alunos. Eles foram orientados a levantar informações sobre o conhecimento das pessoas sobre a Lua e a influência dela em suas vidas. Deveriam indicar também os dados pessoais dos entrevistados, como idade, formação, entre outros.

O nível de detalhamento das informações nestes textos foi muito amplo, houve duplas que apresentaram respostas curtas de duas questões, enquanto outras mostraram relatos que ocuparam meia página para cada entrevistado.

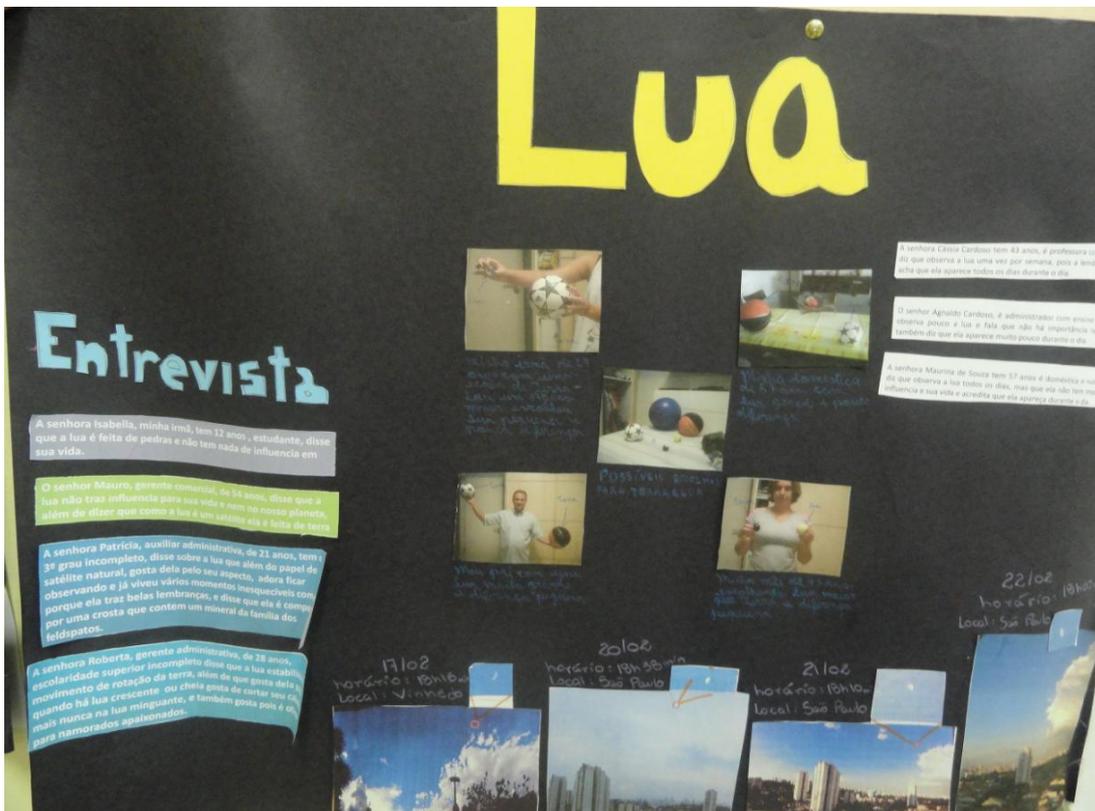
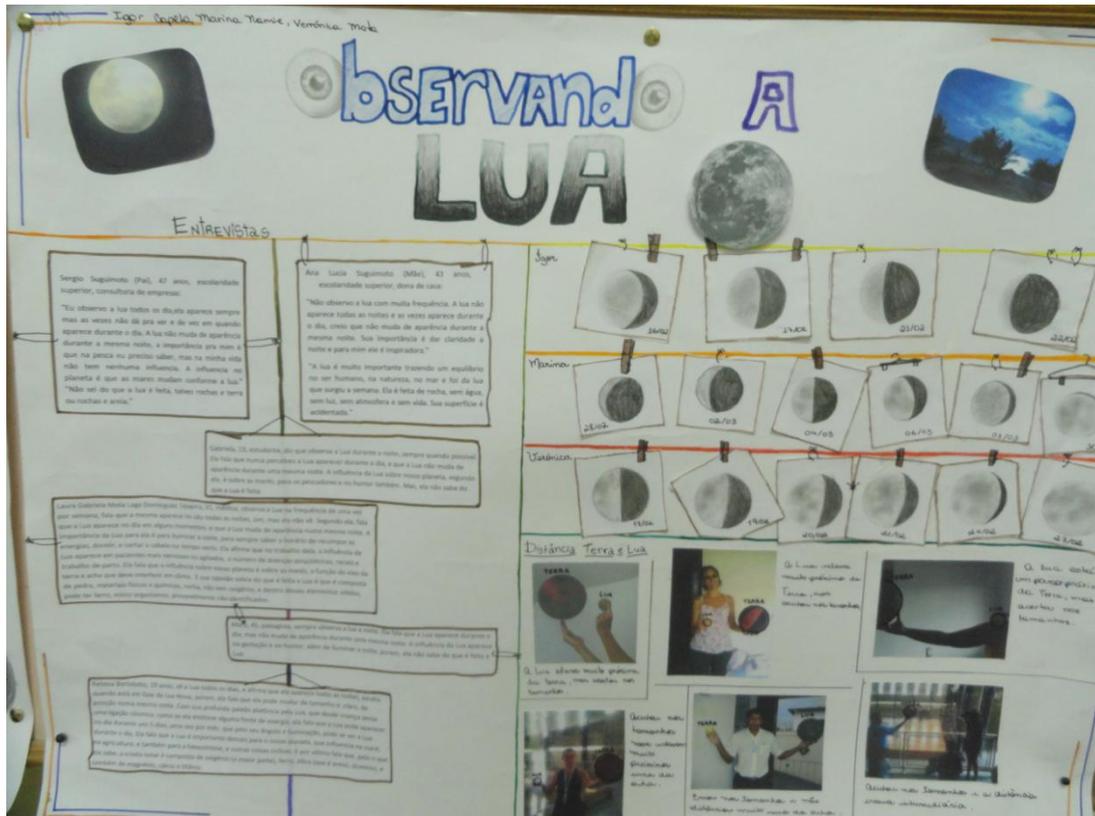


Figura 3.6: Exemplos de cartazes produzidos pelos alunos com a observação da Lua e as entrevistas e dinâmicas realizadas com pessoas de seu círculo pessoal (a e b).

De maneira geral, as respostas trouxeram para sala de aula uma grande diversidade conceitual, compreendendo os aspectos científicos e culturais.

Após a leitura dos relatos, separamos os seus conteúdos em sete temas, que apresentamos abaixo e são seguidos das palavras-chaves citadas nos relatos das pessoas e que servem para descrever o tema.

- **observação** (o respondente observa da Lua): raramente, todos os dias, eventualmente, duas vezes por semana, ao meio-dia;

- **presença da Lua no céu**: todas as noites, na maioria das noites, pode aparecer de manhã ou a tarde, aparece dois dias de manhã, nasce sempre às dezoito horas, muda de aparência durante uma noite;

- **importância**: estabiliza o eixo da Terra, beleza, ilumina a noite, pesca, equilíbrio da natureza e do ser humano, não tem importância, signos;

- **influência na vida**: crescimento, corte e pintura do cabelo, lavoura (plantação e colheita), nascimento dos bebês (contagem de nove luas), humor (acalma ou agita as pessoas), doenças psíquicas e dos rins, não tem influência nenhuma, crescimento das unhas;;

- **influência na Terra**: marés, vegetação, clima, magnetismo;

- **constituição**: rochas, poeira, meteoritos, pó, terra, areia, ferro, sílica, feldspato, pedra congelada, água, gases, oxigênio, nitrogênio, ozônio;

- **outros**: poemas, feminina, romântica, amor, bonita, marcou o dia do casamento ou do primeiro encontro, traz boas lembranças, deu origem à Terra;

Encontramos uma correlação entre o conteúdo da entrevista e a idade ou formação do entrevistado. Por exemplo, os engenheiros proveram respostas mais técnicas, crianças e adolescentes ficaram em um plano mais da vivência pessoal, e nos relatos das pessoas de maior a idade, mais presentes eram as manifestações culturais.

A riqueza de relatos mostra que ao se abrir a porta para a entrada da cultura popular na sala de aula, entra o “mundo” com todos os seus conceitos, crenças e vivências. É interessante notar que dentro dos temas podemos encontrar elementos contraditórios, por exemplo, quanto a influência da Lua no humor das pessoas, que pode tanto agitá-las como acalmá-las. Isso nos induz a pensar na divergência de sentidos que o conceito lunar tem na sociedade.

Com respeito à terceira tarefa, a execução da dinâmica dos tamanhos e distância do sistema TL, nota-se que os familiares apresentam as mesmas concepções dos alunos, desconhecendo a escala correta do modelo.

Atividade 5: Simulação das fases da Lua.

Duração: 1 aula.

Descrição: A atividade consiste na simulação das fases da Lua em uma caixa de papelão (SARAIVA et al. 2007). Montamos uma caixa, retangular, com oito aberturas laterais pelas quais os alunos poderiam observar uma bola presa no centro. A caixa era totalmente fechada, escura, e uma lanterna iluminava a bola diretamente por outro orifício lateral. Nossa caixa é ligeiramente diferente da apresentada no artigo.



Figura 3.7: Caixa de papelão para simulação das fases da Lua e quatro registros da bola observada por diferentes posições. (Fonte: SARAIVA et al. 2007)

Os alunos receberam duas folhas para o registro dos resultados (Anexo 6) com quatro questões. Na primeira eles tinham que responder porque a Lua pode apresentar uma parte escura, na segunda e terceira questões eles tinham que desenhar como veriam a bola através de cada um dos orifícios, e como de fato a viram, isto é, o antes e o depois da observação. Na última questão eles tinham que explicar porque a bola mudava de aparência quando vista de orifícios diferentes.

Objetivo: Discutir a influência da mudança da posição relativa dos elementos, lanterna-bola-observador na aparência de um objeto iluminado. Essa é uma

relação central do sistema TSL para compreensão das fases da Lua, visto que depende da posição relativa dos três astros.

Outro destaque dessa atividade é primeiro propor ao aluno “imaginar” e registrar a observação. Esse procedimento obriga os alunos a mudarem de perspectiva, isto é, saírem mentalmente de seus lugares e se colocarem em posição de observação de cada orifício. Essa mudança de referencial também é um fator relevante para a observação e modelização das fases da Lua, visto que existe a perspectiva de onde observamos a Lua, antropocêntrica, e a perspectiva de modelo astronômico, apresentada nos esquema a partir do plano da órbita da Terra, que chamamos de heliocêntrica. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registro: Fotografias da sala de aula e produção textual.



Figura 3.8: Alunos observando a caixa de simulação das fases da Lua e trabalhando em grupo no registro. A caixa utilizada no projeto era retangular e continha oito aberturas para visualização.

Resultados: Iremos discutir os resultados pela análise da produção dos alunos para as quatro questões do Anexo 6. Os grupos foram identificados com a letra da turma (A ou B) e com uma ordem numérica sequencial (1 a 6).

A tabela a seguir apresenta os trechos mais significativos das respostas dos alunos para a primeira questão, sendo a primeira entrada a reprodução da questão que os alunos deveriam responder. Definimos a categoria “sombra da Lua” para nomear a explicação correta, que a parte escura é uma parte da Lua voltada para a Terra que não recebe luz do Sol.

Tabela 3.1: Extratos das respostas dos alunos para a primeira questão da atividade 5.

Pergunta: Quando olhamos para a Lua, algumas vezes não a vemos totalmente porque parte dela está escura. Como você explica a causa dessa parte escura? (faça uma breve redação e um desenho esquemático).	
A1	Sombra da Lua: “O lado escuro da lua é o lado não iluminado pelo sol, seria como a noite na Terra.”
A2	Sombra da Lua: “[...] o sol transmite sua luz para uma parte da Lua e ela reflete essa luz para a Terra. Dependendo de sua posição a luz do sol não irá pegar uma parte da Terra, causando assim a sombra.”
A3	Sombra da Lua: “A lua fica escura de um lado e clara do outro pois de um lado é onde pega sol e o outro fica totalmente sem luz [...]”
A4	Sombra da Lua: “Não vemos a lua totalmente pois o sol faz luz de um lado e o outro está com sombra.”
A5	Sombra da Lua: “[...] o sol não ilumina uma das metades da lua, é como se fosse o ciclo do dia e da noite que ocorre na Terra, apenas um dos lados é iluminado pelo sol. A posição da lua em relação à Terra influencia na nossa visão.”
A6	Sombra da Lua: “A parte escura na lua é onde a luz do sol não esta refletindo. Por que dependendo de onde a lua está posicionada a luz do sol não chega, deixando uma parte escura.”
B1	Sombra da Lua: “[...] parte dela está escura por causa que a luz do sol chega na parte da frente da lua e dependendo de onde ela estiver em sua translação nós vemos ela de uma forma.”
B2	Sombra da Lua: “[...] a luz do sol está refletindo a da lua numa parte que não está voltada para a Terra. Mas isso pode mudar rapidamente.”
B3	Sombra da Lua: “[...] a parte que conseguimos ver é a parte que está iluminada pela luz do sol, [...] e a parte escura, está virada para o outro lado, ou seja, não está iluminada.”
B4	Sombra da Lua: “[...] a luz do sol está batendo em apenas uma parte da lua, enquanto a outra não está iluminada.”
B5	Sombra da Lua: “[...] A parte que a luz do sol ilumina é a parte clara e a parte escura é onde a luz não alcança.”
B6	Não temos a resposta do grupo.

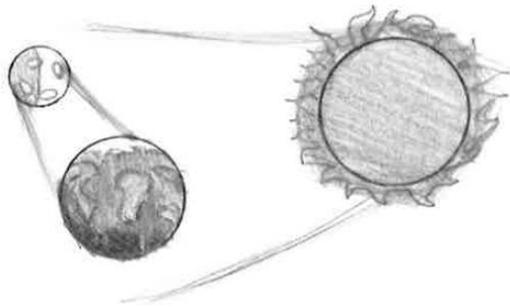
Consideramos que as respostas estão adequadas segundo o ponto de vista astronômico, isto é, os alunos apontaram que a parte escura da Lua não é visível porque não é iluminada pelo Sol.

Esse resultado é particularmente surpreendente, pois ao responderem a mesma questão, os alunos universitários apontam explicitamente a sombra da Terra (Anexo 1). Como vimos no primeiro capítulo, a concepção da sombra da Terra para explicação das fases da Lua é o modelo explicativo mais enunciado por participantes pesquisados.

Nota-se que dois grupos relacionaram a parte escura da Lua com o ciclo do dia e da noite no satélite (A1 e A5).

Analisando as figuras, vemos que sete dos onze registros consideraram o modelo da Terra-Sol-Lua (Figura 3.9a) e que quatro desenharam somente o Sol e a Lua no esquema (b).

Conforme a posição da lua em relação à terra, o sol transmite sua luz para uma parte da lua e ela reflete essa luz para terra. Dependendo de sua posição a luz do sol não irá pegar uma parte da terra, causando assim sombra.



Quando isso acontece, podemos perceber que a luz do sol está batendo em apenas uma parte da lua, enquanto a outra ~~parte~~ não está sendo iluminada.

Figura 3.9: Exemplos do registro para a primeira questão da atividade 5 (a: A2 e b: B4).

Infelizmente não temos dados que permitam compreender a construção da resposta científica correta pelos alunos e porque não enunciaram o modelo espontâneo mais comum. Contudo, temos algumas hipóteses: i) os alunos de fato saberem o modelo astronômico e o terem aprendido há pouco tempo; ii) a discussão em grupo promoveu uma melhor conceituação do modelo, uma vez que os alunos oferecem, recebem e manipulam informações e conhecimentos dos outros integrantes do grupo, e iii) as atividades com as dimensões e escala do sistema TSL, a correção do esquema do livro didático, a observação da Lua no céu e a própria movimentação dessa aula, com lanternas, iluminação e visualização podem ter favorecido a emergência do modelo adequado. Dessas acreditamos mais fortemente na segunda hipótese, pois era possível notar que na maior parte dos grupos havia um dos integrantes que explicava ativamente o modelo para os outros e conseguia criticar os modelos elaborados por eles.

A segunda e terceira questões da atividade eram sobre a visualização de uma bola no centro de uma caixa de papelão e iluminada por uma lanterna (Figura 3.10). Os alunos tinham que imaginar e desenhar como veriam a bola através das aberturas, e, depois da observação, corrigir o desenho se preciso.

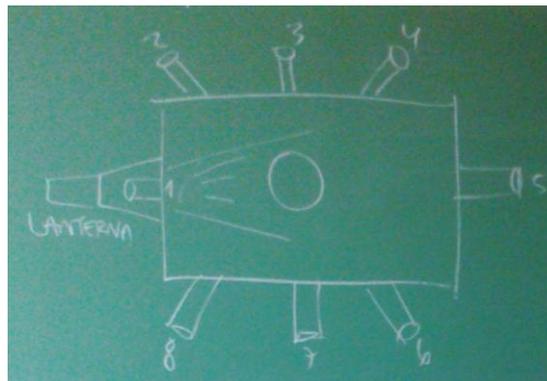
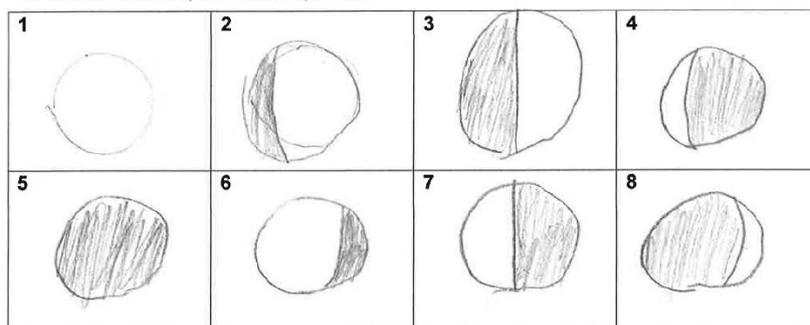


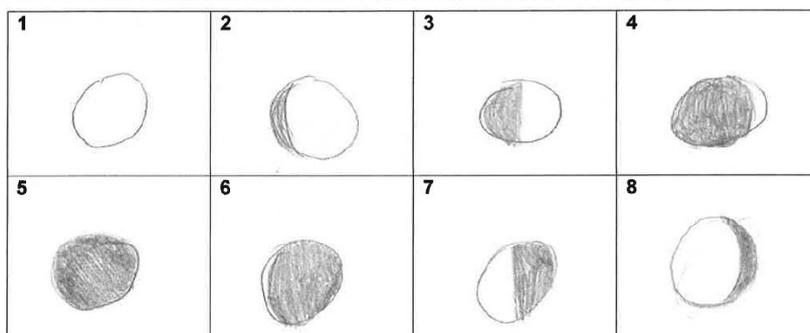
Figura 3.10: Esquema desenhado pelo professor para explicação da atividade.

De maneira geral os grupos apresentaram bons desenhos; sendo que, ou conseguiram representar bem a aparência da bola antes da observação, ou apresentaram inversões entre os lados e os tamanhos das porções iluminada e não iluminada da bola. Para a maioria, a observação foi um aprendizado, pois reconstruíram corretamente suas figuras. Em poucos casos, mesmo após a observação, persistiu algum tipo de inversão. A seguir temos dois exemplos da produção dos alunos.

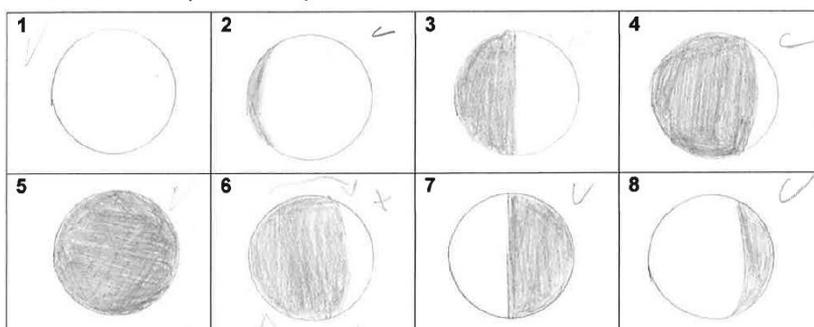
2) Dentro da caixa há uma bola iluminada por uma lanterna. Como você acha que observará a bola a partir destes pontos?



3) Observe o interior da caixa. Como é a aparência da bola em cada posição?



2) Dentro da caixa há uma bola iluminada por uma lanterna. Como você acha que observará a bola a partir destes pontos?



3) Observe o interior da caixa. Como é a aparência da bola em cada posição?

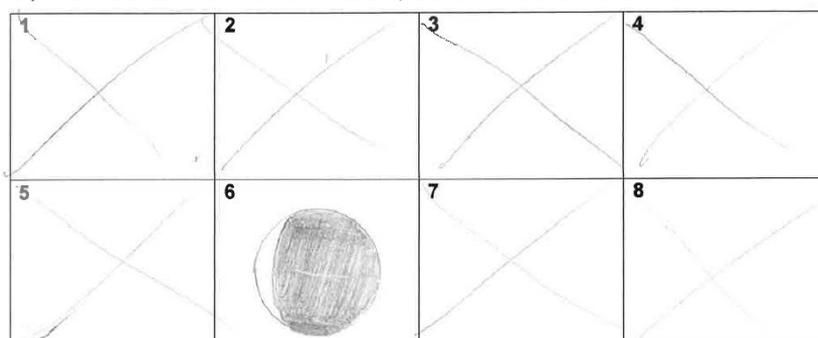


Figura 3.11: Exemplos do registro dos alunos para a segunda e terceira questões da atividade 5 (a: A1 e b: B2).

A tabela abaixo mostra nossa análise sobre as figuras desenhadas pelos grupos antes e depois da observação, e os números entre parênteses referem-se às posições na lateral da caixa. Apontarmos “inversão”, quando os alunos trocaram os lados da iluminação, e “tamanho equivocado” quando desenharam grosseiramente errado o tamanho das áreas iluminadas e escuras.

Tabela 3.2: Avaliação das respostas para as segunda e terceira questões da atividade 5.

Pergunta: Dentro da caixa há uma bola iluminada por uma lanterna. Como você acha que observará a bola a partir destes pontos? Como é a aparência da bola em cada posição?		
	Antes da observação	Depois da observação
A1	Com inversão (4, 6 e 8).	Clara e correta.
A2	Confusa, tem sempre a mesma porção iluminada e a linha do terminador “sambando”.	Clara e correta, com exceção de uma inversão (8).
A3	Com inversão (4 e 6).	Clara e correta.
A4	Com inversão (4 e 8).	Clara e correta, com exceção de uma inversão (6).
A5	Clara e correta.	Clara e correta.
A6	Incorreta (inversão e tamanho da porção iluminada).	Clara e correta, com exceção de uma inversão (6).
B1	Clara e correta.	Clara e correta.
B2	Com uma inversão (6).	Clara e correta.
B3	Clara e correta.	Clara e correta.
B4	Com inversão (2,3,7).	Com inversão (2,6,8).
B5	Com inversão (2,3,7) e tamanhos equivocados (2,3,4, 6,7,8).	Tamanhos equivocados (3,4,6,7).
B6	Correta.	Com tamanho equivocado (2) e uma inversão (8).

A comparação entre as situações imaginadas e observadas mostra que os grupos conseguiram encontrar os equívocos e corrigir seus desenhos. Um grupo apresentou um registro final bastante equivocado (B5) e outro conseguiu inserir erros após a observação (B6).

A correção dos desenhos apresentados mostra que imaginar e registrar corretamente a orientação espacial (esquerda/direita) da parte iluminada da bola é um desafio para os alunos. Explicamos essa dificuldade pela mudança do ponto de referência entre o registro (mesa horizontal) e a observação da

bola (caixa vertical). Isto é, a atividade requeria o primeiro registro (antes) fosse feita a partir de uma perspectiva e o segundo (depois) de outra.

Para auxiliar nessa mudança, os alunos levaram a folha de atividade até a caixa para fazerem o segundo desenho olhando atentamente pela abertura.

Uma elaboração mental similar a essa é requerida quando observamos a Lua no céu - perspectiva antropocêntrica (ou do observador) -, e precisamos compreender sua aparência a partir de um modelo tridimensional material com bolas ou bidimensional no esquema em papel em que se utilizava a perspectiva que chamamos de heliocêntrica.

A última questão versava sobre a explicação da mudança da aparência da bola. Dada a posição fixa da lanterna e da bola, nossa intenção era que os alunos relatassem que a mudança de posição de observação provocava a alteração da aparência da bola. Na tabela a seguir apresentamos trechos das respostas.

Tabela 3.3: Extratos das respostas dos alunos para a quarta questão da atividade 5.

Pergunta: Como você explica a mudança na aparência da bola?	
A1	“A parte escura é sombra. Nós só enxergamos as partes iluminadas, logo, dependendo do ângulo que observamos a lua, identificamos uma nova fase da mesma.”
A2	“Com a posição das lunetas, a posição da luz da lua não será a mesma na bola [...] lua, que está girando em torno da Terra, conforme ela gira a lua não é a mesma refletida para Terra.”
A3	“Pois ela representa as 8 primeiras fases da lua”.
A4	“Por causa da posição da bola em relação a luz.”
A5	“Tudo depende da posição em que estamos observando. A fonte de luz não mudou de lugar, tudo depende do nosso olhar em relação à lua.”
A6	“[...] dependendo da posição que observamos a lua, a luz chega de uma maneira diferente em que uma parte pode ou não estar iluminada.”
B1	“Conforme o lugar que observamos a bola vemos ela sendo iluminada de uma maneira, pois a luz da lanterna não se move, só a posição que nós observamos.”
B2	“[...] conforme vemos nas diferentes lunetas o ângulo da luz da lanterna muda conforme a posição que quer representar a lua refletindo a luz do sol.”
B3	“[...] depende da luz e da posição em que vemos ela.”
B4	“[...] resulta da posição que olhamos para a lua.”
B5	Não respondeu.
B6	Não respondeu.

Duas repostas são bem completas (B1 e B2), uma resposta é confusa (A2), uma que não responde a questão (A3) e dois grupos que deixaram em branco (B5 e B6).

De maneira geral, entendemos que as respostas são bem satisfatórias pois mencionam a mudança da posição relativa do observador (A4, A5, B1, B2, B3), quando se referem à atividade, ou a mudança de posição da própria Lua (A1, A5, A6, B2, B4), quando os alunos relacionaram a aparência da bola com as fases da Lua.

Atividade 6: Modelização das fases da Lua.

Duração: 1 aula.

Descrição: Os alunos foram orientados a manipular três objetos - duas bolas e lanterna - para explicar a ocorrência das fases da Lua e os eclipses. Eles receberam uma folha de atividade (Anexo 7) que deveria ser preenchida com desenhos que explicassem os fenômenos. Não foram dados maiores detalhes e instruções sobre as propriedades do modelo astronômico para permitir que os alunos o explorassem a partir do conhecimento que dispunham.

Durante manipulação dos objetos pelos alunos, o professor passou nos grupos para avaliar as explicações construídas, questionar a ocorrência dos eclipses, a posição do observador na superfície terrestre e os planos orbitais.

Objetivo: Esta atividade é uma complementação da anterior, pois trabalha com os mesmos elementos para a explicação do fenômeno lunar (posição relativa e iluminação), contudo, a partir da perspectiva heliocêntrica. A manipulação dos objetos pelos alunos permite a elaboração ativa de modelos e a intervenção do professor promove a percepção de incoerências contidas neles e a operação com novas informações que são oferecidas por ele.

Pela manipulação da maquete os alunos devem perceber que se a órbita da Lua estiver no mesmo plano que o da órbita da Terra mensalmente ocorrida um eclipse lunar. Nesse momento faz-se a introdução da discussão sobre a inclinação da órbita lunar. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registro: Fotografias da sala de aula e produção textual dos alunos.



Figura 3.12: Alunos trabalhando com os objetos para construírem um modelo a partir da perspectiva heliocêntrica para as fases da Lua.

Resultados: O formulário de atividade que os alunos receberam requeria um desenho esquemático das quatro fases mais conhecida da Lua. Não optamos por um texto explicativo desse fenômeno porque ele facilmente se torna confuso caso os respondentes não tenham precisão no uso semântico dos termos e conceitos.

Desde o início do projeto não oferecemos aos alunos um aporte teórico com informações como os parâmetros orbitais do sistema TSL ou sobre noções de gravitação. Trabalhamos somente com os dados das dimensões e distância do astro para o trabalho com a escala. Outros insumos como os períodos da revolução lunar ou rotação terrestre, ou o nome, a ordem e o aspecto de cada fase da Lua, entre outros, supomos ser do conhecimento dos alunos e os usamos de maneira fluente.

A partir desse cenário, entregamos os materiais para os alunos e os deixamos construírem e desenharem um modelo explicativo para as fases da Lua. Na passagem pelos grupos o professor avaliava o modelo e questionava sobre a inclinação da órbita lunar. Nota-se que até o momento, não havia sido apresentado ou discutido um esquema ilustrativo das fases da Lua, a não ser no momento da correção do livro didático, em que o foco de atenção era para as dimensões do sistema. Ou seja, essa foi primeira produção dos alunos sobre um esquema ilustrativo das fases da Lua.

Na tabela 3.4 apresentamos uma descrição dos desenhos. Apesar dos grupos serem identificados como anteriormente, como alguns alunos mudaram de grupos entre uma atividade e outra, eles não podem ser comparados.

No final da descrição de cada grupo incluímos nosso veredito sobre a correção conceitual do desenho: correto, parcialmente correto, impreciso, confuso e incorreto.

Os esquemas “corretos” são claros, precisos e apontam as porções iluminadas corretamente; os “parcialmente corretos” pecam na representação da porção iluminada ou da posição da Lua; os “imprecisos” são desenhos que não permitem analisar a compreensão dos alunos e os tidos como “incorretos” explicam as fases por um modelo equivocado. A figura 3.13 mostram alguns exemplos dos desenhos.

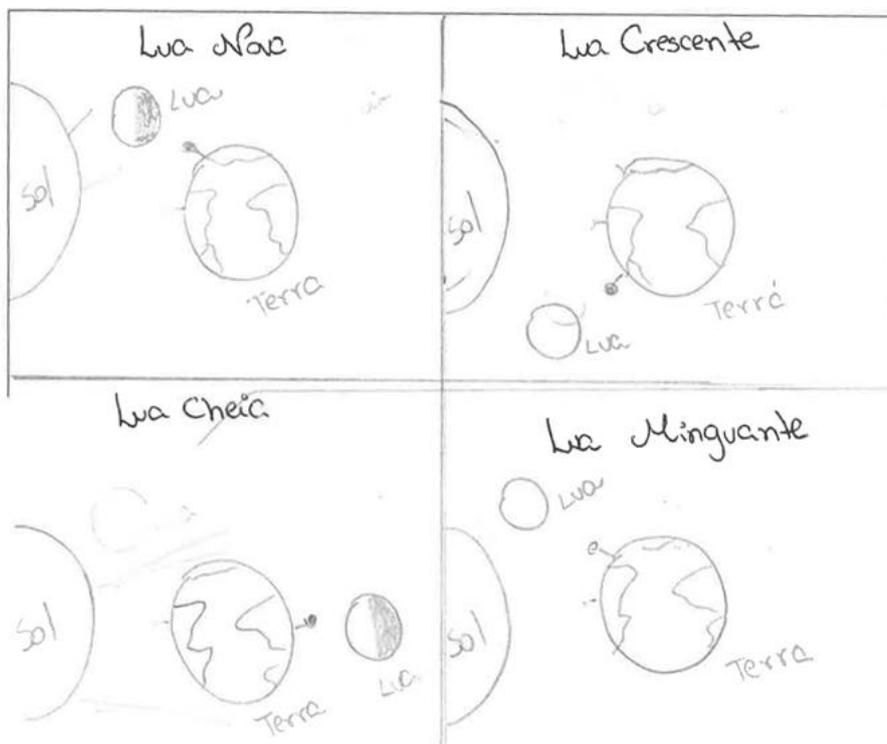
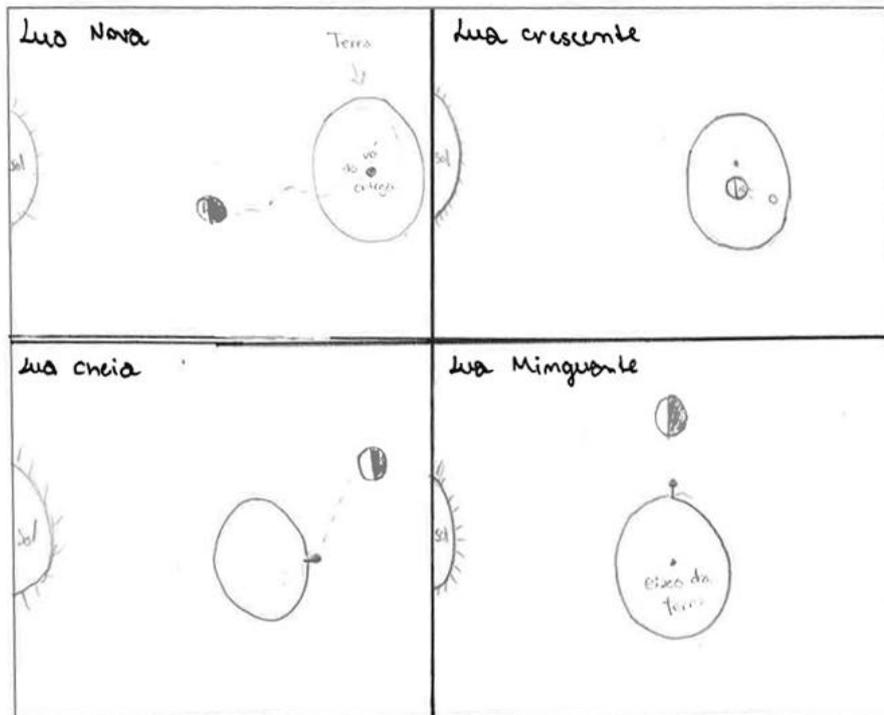
Tabela 3.4: Avaliação dos desenhos dos alunos para a primeira questão da atividade 6.

Pergunta: Faça um desenho esquemático que mostra o sistema Sol-Terra-Lua e que explique o fenômeno das fases da Lua. O desenho deve mostrar a posição da Lua quando ela estiver nas fases: Nova, Crescente, Cheia e Minguante.	
A1	Quatro esquemas, uma para cada fase da Lua em que as alunas tentam mostrar a inclinação da órbita, colocando a Lua Nova e Cheia, abaixo e acima do plano orbital da Terra, a Quarto Crescente cruzando o plano e a Quarto Minguante, fazendo ângulo reto com a Terra e o Sol. Parece mudarem de perspectivas. Correto.
A2	Esquema único com a Lua em quatro posições de sua órbita. A Lua sempre apresenta metade iluminada. Parece haver uma intenção de representar a inclinação da órbita lunar. Correto.
A3	Quatro esquemas, um para cada fase, muito confusos, em que a Terra e a Lua são representadas sempre nas mesmas posições e sem indicações da posição do Sol. As Luas apresentam aparências diferentes indicando cada fase. No mesmo espaço há outro esquema com as luas nas quatro posições corretas. Este esquema parece ser iniciado pelo professor. Confuso e impreciso.
A4	Inicialmente havia quatro esquemas, um para cada fase, muito confuso, com os três astros alinhados nas mesmas posições e a Lua com quatro aparências diferentes. Este esquema foi riscado e outros esquemas elaborados. Nestes, a Lua aparece girando em torno da Terra em quatro posições diferentes, a Lua Cheia encontra-se acima do plano orbital da Terra. Correto.
A5	Esquema simples com a Lua girando em torno da Terra e o nome das fases da Lua. Não há indicação sobre a parte iluminada da Lua ou de sua face voltada para a Terra. Impreciso.
B1	Quatro esquemas, uma para cada fase da Lua, em que a Lua encontra-se em quatro posições diferentes em relação à Terra e ao Sol. A Lua Cheia encontra-se bem atrás da Terra e as Luas Quarto Crescente e Minguante aparecem muito próximas à Lua Nova. Parcialmente correto.
B2	Quatro esquemas, um para cada fase, confusos, em que todos os astros mudam de posição, contudo sempre apresentam a posição relativa correta. A Lua Cheia aparece acima da órbita terrestre, mas representada somente por sua metade. As Luas Quarto Crescente e Minguante definem um ângulo reto na Terra com o Sol, mas a iluminação

	está errada. A Lua Nova também é representada somente por sua metade. Parcialmente correto, mas também confuso.
B3	Esquema único com a Lua em “quatro” posições de sua órbita. As Luas Quarto Crescente e Minguante apresentam suas metades iluminadas, e a Cheia parece totalmente iluminada. Não há identificação da Lua Nova e existe uma Lua “perdida” no desenho. Parcialmente correto.
B4	Esquema único com a Lua em quatro posições de sua órbita. Apesar dos nomes das Luas serem identificados corretamente, a representação da iluminação é confusa, pois parecem indicar como se observa no céu e usa a parte pintada como iluminada. Parcialmente correto.
B5	Esquema único com a Lua em quatro posições de sua órbita. As quatro fases são identificadas e representadas corretamente. Correto.
B6	Quatro esquemas, um para cada fase, em que os astros mudam ligeiramente de posição de um desenho para o outro, contudo, apresentam a posição relativa correta. A Lua Cheia e Nova aparecem atrás e à frente da Terra, respectivamente, e representadas corretamente com uma metade totalmente iluminada. As Luas Quarto Crescente e Minguante apresentam iluminações incorretas. Parcialmente correto.

Apesar de considerarmos os desenhos como corretos ou parcialmente corretos, eles mostram que a elaboração um esquema preciso e correto é um procedimento difícil para os alunos. Consideramos que essa dificuldade é motivada por ser necessário explicitar pelo menos quatro características do sistema TSL para explicar as fases da Lua, são elas: i) a posição relativa dos três astros em quatro momentos diferentes; ii) a perspectiva heliocêntrica de visualização: iii) requer uma tridimensionalidade para indicar a inclinação da órbita lunar e iv) indicar a iluminação da Lua.

Desses fatores listados acima, a ilustração da posição relativa dos astros e a perspectiva heliocêntrica de visualização talvez sejam as de mais fácil representação, pois que a maioria dos grupos as fez corretamente. Contudo, a tridimensionalidade requer traços em perspectiva que geralmente é conteúdo escolar (Geometria Espacial) no final do Ensino Médio. Acreditamos que os alunos tentaram fazer esta representação ao inserir a Lua Cheia um pouco acima da órbita terrestre (A1), considerando o segmento de reta que une a Terra e o Sol.



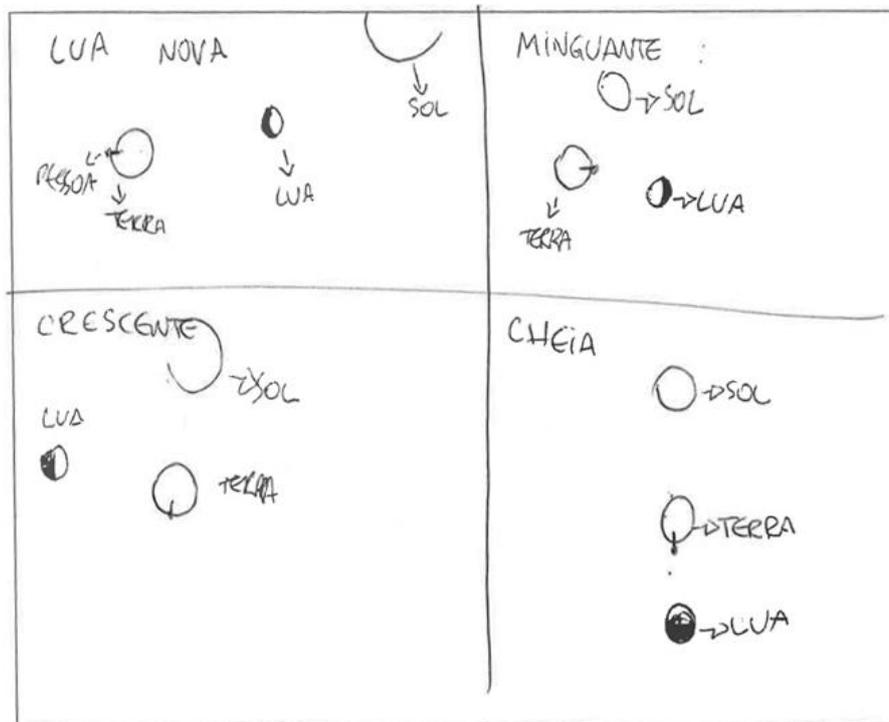
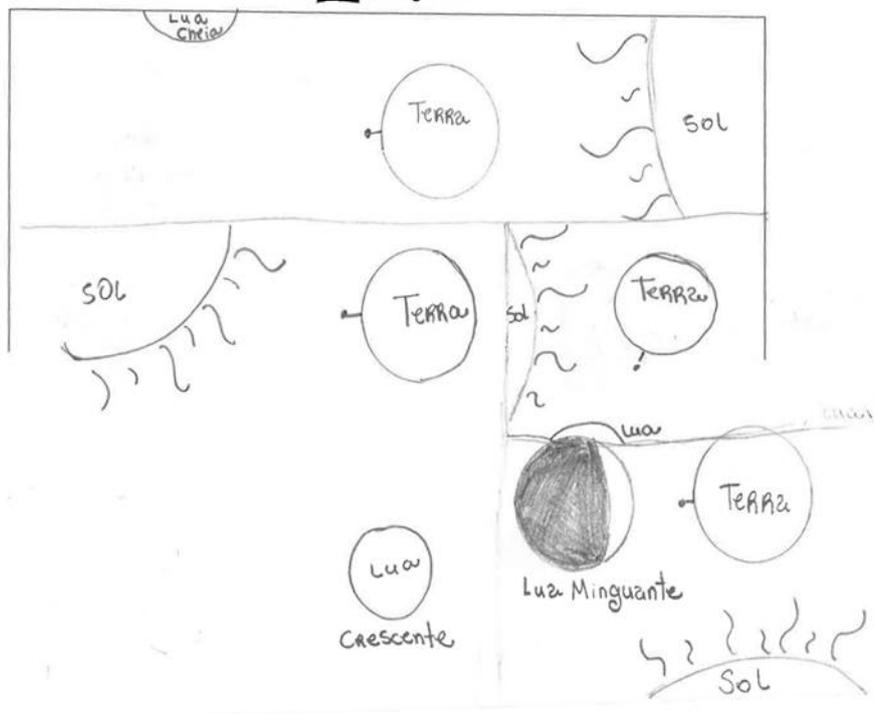


Figura 3.13: Exemplos do registro dos alunos para a primeira questão da atividade 6 (a: A1; b: B12; c: B2 e d: B6).

Quanto ao quesito da iluminação, nota-se que existe uma confusão entre a representação da aparência na superfície lunar quando vista a partir do solo (visão antropocêntrica) e a partir do modelo (visão heliocêntrica). Por exemplo, no caso da Lua Quarto Crescente, quando vista da Terra vê-se somente um quarto da Lua, mesmo ela sempre tendo metade iluminada. Nos desenhos identificados como parcialmente corretos, de maneira geral, os alunos não consideraram a posição do Sol no modelo para representar a face iluminada da Lua, mas como a observam no céu (B6). Assim, mesmo que os alunos saibam que em determinada posição a Lua é Quatro Crescente, e que indiquem isso no desenho, o desenho da face iluminada é incoerente.

Em resumo, os dados apontam para duas conclusões, i) o desenho é uma produção complexa para alunos, tanto pela organização dos astros, como pelo uso adequado da perspectiva; e ii) nas palavras do professor que conduziu a atividade, “são necessárias mil interações” entre modelo-alunos-professor para construção de uma explicação completa, e somente o manuseio dos objetos não garante o aprendizado. Ou seja, é necessária a mediação do professor para prover, explicitar ou relacionar os conceitos que os alunos não sabem, ou ainda para evidenciar alguma contradição no modelo construído pelos alunos. Nestas interações, por exemplo, notamos que os alunos não tinham alguns dos conhecimentos que pressupúnhamos, como o período de revolução lunar, a estabilidade e inclinação da órbita lunar, ou mesmo segurança sobre os nomes e sequência das fases da Lua. Nesse caso, essas lacunas eram completadas com a interação individual em cada grupo.

Sobre os desenhos da ocorrência dos eclipses, segunda questão, os alunos não mostraram dificuldades em desenhar os três astros alinhados e projetar a sombra da Lua na Terra, no caso do eclipse solar, ou inserir a Lua na sombra da Terra, no caso lunar. De fato, este desenho não precisa de nenhum efeito de perspectiva e os alunos puderam visualizar as sombras projetadas nas bolas do modelo. Um grupo (B5) apresentou um diagrama interessante e pouco usual para descrever a posição dos astros durante os eclipses (Figura 3.14a), que também produziu um desenho adequado para as fases da Lua, indicando a Lua Cheia “acima” do plano orbital da Terra, que interpretamos como uma referência à inclinação da órbita (Figura 3.14b).

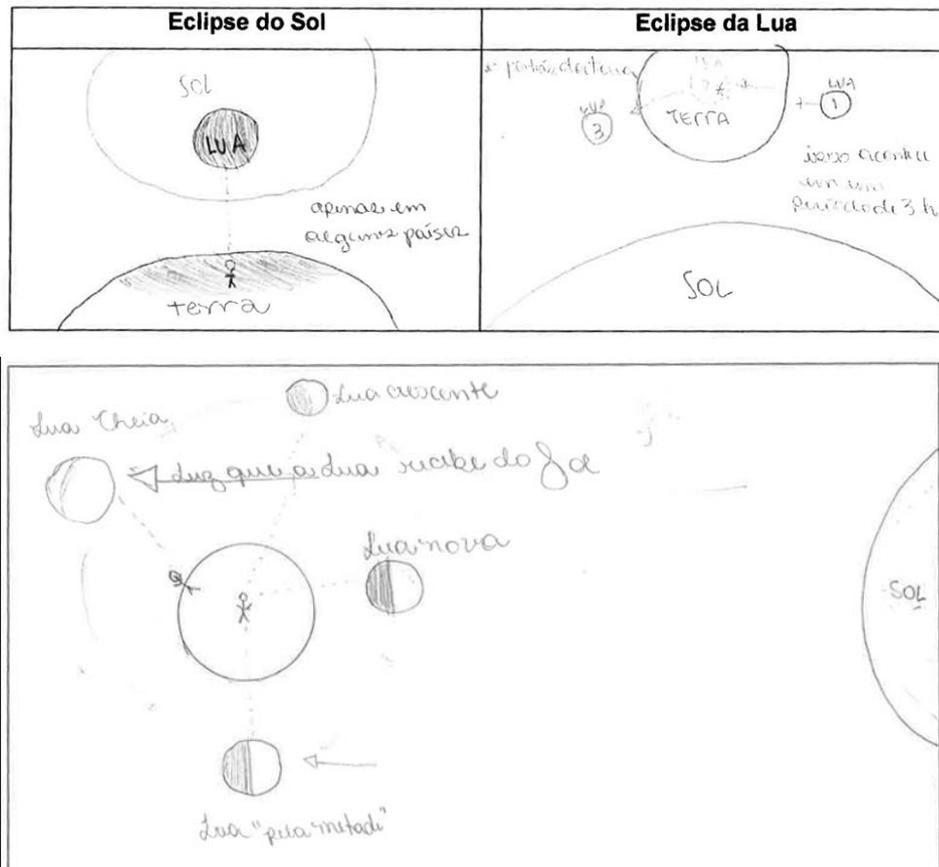


Figura 3.14: Desenhos para explicação do eclipse (a) e das fases da Lua (b) do grupo B5.

Atividade 7: Sistematização das fases da Lua.

Duração: 1 aula.

Descrição: Para a sistematização do conhecimento desenvolvido nas duas últimas atividades utilizou-se diferentes recursos que foram mediados pelo professor de maneira dialógica. Ele conduziu a aula por meio de questões orais que requeriam participação e interpretação dos alunos.

O primeiro recurso utilizado foi uma apresentação de 25 slides contendo fotografias da Lua em diferentes fases (Figura 3.15a), posições e horários, e esquemas planos, bidimensionais, ou em perspectiva tridimensional que representam as fases da Lua. Na apresentação, uma fotografia e um vídeo¹³ foram recursos mediadores bem ilustrativos para os alunos, pois mostravam as fases de uma bola de isopor quando colocada em diferentes posições em um dia ensolarado (b). Também retomamos a atividade de observação (c).

¹³ <http://www.youtube.com/watch?v=cMyI8P4vsU8>



Figura 3.15: Alguns slides da apresentação que sistematizou as atividades das fases da Lua.

Outro recurso utilizado foi um simulador¹⁴ que mostrava as fases da Lua simultaneamente a partir de duas perspectivas, antropocêntrica (detalhe lateral da figura 3.16) e heliocêntrica (centro). Além de mostrar as fases ao longo de uma revolução lunar, o simulador indica o horário da observação, considerando assim a posição do observador e a rotação da Terra.

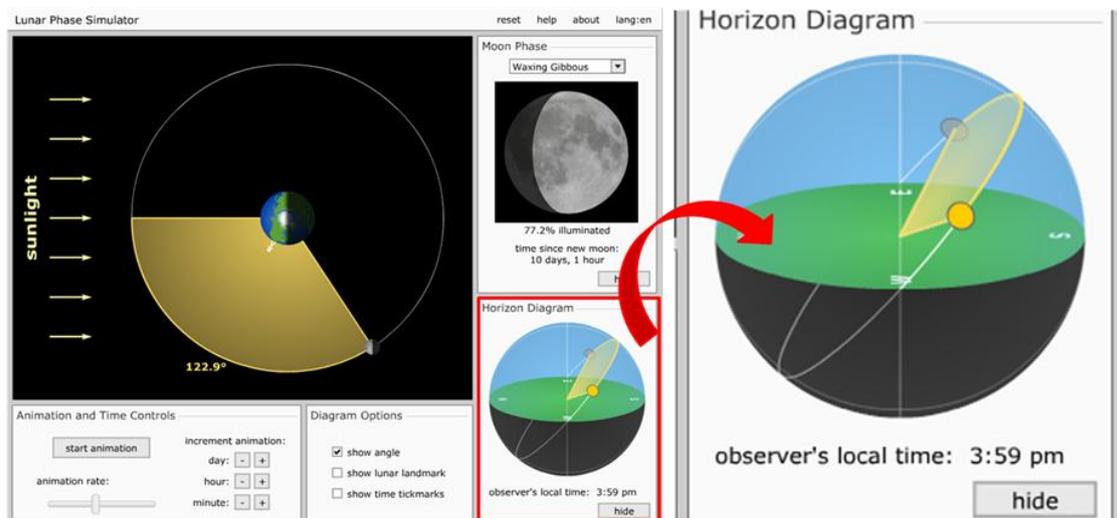


Figura 3.16: Imagem do programa de simulação das fases da Lua.

¹⁴ <http://astro.unl.edu/naap/lps/animations/lps.html>

Para discussão da ocorrência dos eclipses utilizou-se também um telúrio para mostrar a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica, e um esquema que mostrava as condições para ocorrência do alinhamento dos astros (Figura 3.15d).

Objetivo: A sistematização organiza e relaciona os conceitos astronômicos relevantes para a explicação das fases da Lua, como a posição relativa dos astros e a iluminação. Por meio da pergunta “Olhe para a Lua e responda onde está o Sol?” desenvolve-se um modo de operação que pode ser aplicado em outras situações dentro da Astronomia. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registro: Notas de campo e gravação das aulas.

Resultados: Pelos comentários e participação ativa dos alunos durante a aula, entendemos que os recursos apresentados, juntamente com a mediação do professor, organizaram e sistematizaram os conceitos para a construção de um modelo explicativo para as fases da Lua.

Por comentários, entendem-se as falas ou interjeições dos alunos que revelavam surpresa durante a visualização dos recursos multimídias, como: “Que legal”, “Que louco”, “Que da hora”, “Que animação legal!”, “Uau!”, entre outras. Apesar de serem vazios de conteúdo, estes comentários podem ser entendidos como explicitação espontânea de aprendizado e o estabelecimento de relações entre conceitos trabalhados anteriormente, o modelo científico para as fases da Lua e a sua observação no céu.

A participação dos alunos pôde ser inferida pela prontidão, correção e animação das respostas para as perguntas feitas pelo professor e pela própria elaboração de novas perguntas e relações. Para cada problematização iniciada pelo professor, os alunos contribuíam com respostas corretas. Na imagem da sala de aula a seguir, por exemplo, o professor pergunta de que lado estaria o Sol para iluminar a Lua da forma como era apresentada na fotografia indicada. Os detalhes da figura 3.17 mostram dois alunos indicando a posição do Sol.

Vale destacar que a operação e compreensão desses recursos não são autoevidentes, sendo a mediação do professor extremamente importante, senão imprescindível, para problematizar e organizar os elementos trazidos por eles. Por exemplo, as visualizações do simulador e do vídeo não são diretas para levar em consideração da rotação terrestre na observação do fenômeno.

Acreditamos que esta participação ativa na aula de sistematização pode ser considerada como indício de aprendizado com relação ao modelo das fases da Lua.



Figura 3.17: Imagem da sala de aula obtida da gravação da atividade 7.

Atividade 8: A Lua na história: as observações de Galileu e Harriot.

Duração: 1 aula.

Descrição: A atividade propôs uma breve reflexão sobre a construção histórica do conceito de Lua pela comparação dos registros de Galileu Galilei e Thomas Harriot e das atividades nas quais os cientistas estavam inseridos.

O professor iniciou a aula mostrando imagens de um programa de computador que simulava a observação da Lua nos dias próximos à aula.

A seguir, aproveitando o mote da observação, o professor apresentou os registros da superfície lunar de Galileu e contextualizou a época da publicação do livro **Mensageiro das estrelas** explicando sobre a vigência do paradigma aristotélico. Nesse momento fez a leitura do texto presente no livro do italiano com a descrição da superfície lunar.

A continuação da aula foi a comparação dos desenhos de Galileu com os de Harriot e em obras artísticas da **Ascensão da Virgem Maria**. Comentou sobre a técnica de pintura *chiaroscuro* que Galileu estudou para representar a perspectiva. Ele encerrou a aula com uma citação, “O que um homem pode ver depende tanto daquilo para o que olha, como daquilo que sua experiência visual e conceitual prévia o preparou para ver.” Kuhn (1992).

Objetivo: Discutir parte da gênese histórica do conceito de Lua e mostrar que essa conceituação é dinâmica, controversa, e que a versão aceita atualmente é a estabilização do modo científico de pensar e exprimir o satélite. Por trabalhar com a gênese do conceito e mostrar algumas de suas qualidades - dinâmica e controversa - atribuiremos a ênfase didática do contexto da crítica.

Registro: Notas de campo e gravação das aulas.

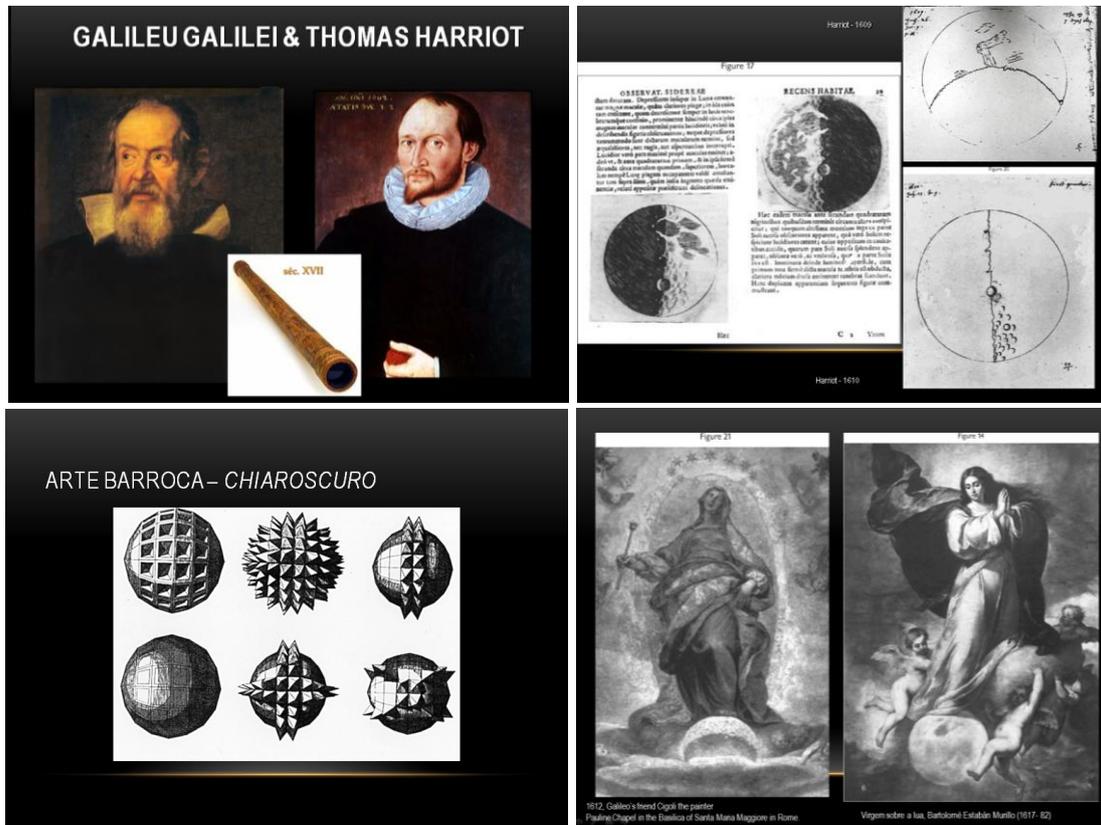


Figura 3.18: Alguns slides da apresentação das observações de Thomas Harriot e Galileu Galilei sobre a superfície da Lua e a relação desse último com a Arte.

Resultados: Os alunos ficaram concentrados na exposição e se mostraram curiosos sobre as diferenças entre as observações dos dois cientistas e na relação de Galileu com as técnicas de pinturas.

Quando solicitados a interpretarem a citação de Kuhn, parece que apreenderam bem a discussão.

Atividade 9: Origem e formação da Lua.

Duração: 2 aulas.

Descrição: A proposta da aula era continuar com a discussão da construção histórica do conceito, agora por meio do estudo de quatro teorias para a origem

da Lua. Para isso, os alunos foram divididos em grupos e receberam quatro folhas com pequenos textos que apresentavam cada teoria (Anexo 8). Eles tinham que colocar o nome da teoria como título e fazer um desenho ilustrativo dela. Os textos elaborados pelo pesquisador versavam sobre as teorias:

1) co-formação: a Lua foi formada na mesma época, região e material rochoso que a Terra;

2) ejeção: a rápida rotação da Terra primitiva teria expelido um material rochoso que formou a Lua;

3) captura: a Lua foi formada em outra região do espaço e foi capturada pela atração gravitacional da Terra;

4) colisão: um grande corpo colidiu com a Terra primitiva e o material resultante de ambos formou a Lua.

Na segunda aula os alunos tiveram que escolher e defender uma das teorias por meio da produção de um texto argumentativo. Os textos produzidos, mesmos sendo breves, traziam dados e argumentos que deveriam ser usados pelos alunos em suas argumentações.

No final da aula houve a exibição de animações sobre cada teoria para discussão e sistematização do trabalho.



Figura 3.19: Fotografia da sala de aula durante a atividade sobre as teorias de origem da Lua.

Objetivo: O trabalho com uma teoria científica ainda em aberto permite discutir com os alunos o caráter da construção da Ciência e inseri-los em uma prática da atividade científica: análise de dados, inferência de hipóteses, debate de ideias e redação de textos. Novamente, por explicitar um processo de gênese

conceitual e reproduzir a atividade do astrônomo, atribuiremos a essa proposta a ênfase didática do contexto da crítica e da aplicação.

Registro: Fotografias da sala de aula e produção textual.

Resultados: A atividade de ilustrar as quatro teorias para a origem formação da Lua se mostrou um poderoso instrumento de interpretação de texto.

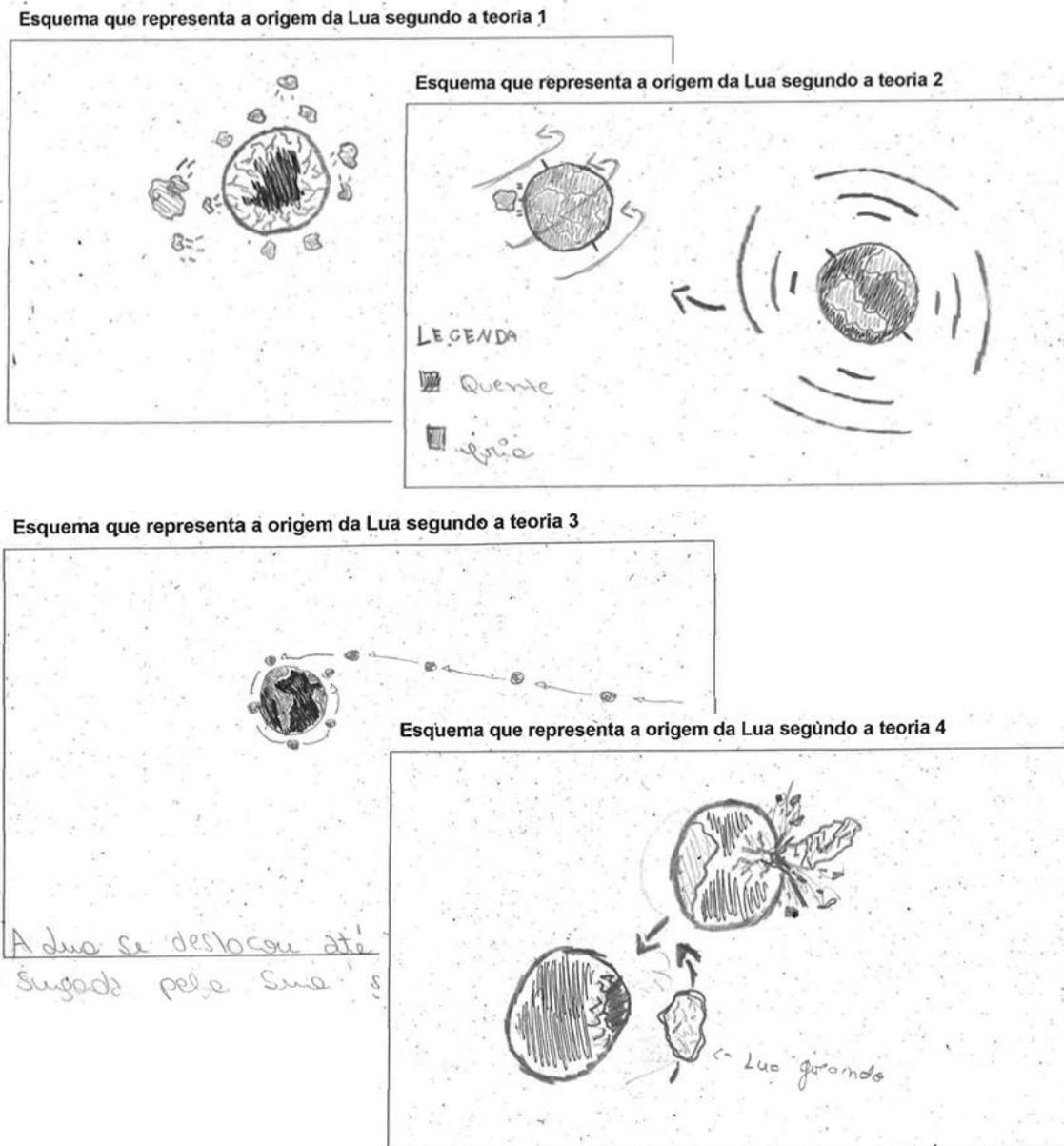


Figura 3.20: Exemplo dos desenhos para ilustrar cada teoria de origem da Lua: conformation, ejeção, captura e colisão (A3).

O professor passou entre os grupos para discutir alguns detalhes das teorias, mas principalmente para incentivar o início dos desenhos, pois os alunos mostram-se inseguros quanto a esse procedimento. Acreditamos que essa apreensão deve-se ao fato de, em geral, todas as ilustrações e esquemas científicos virem prontos no livro ou na lousa e não serem uma atividade didática dos alunos. Outra tarefa que favoreceu o exercício de interpretação do texto foi a definição do título da folha que continha cada teoria.

De maneira geral os desenhos representaram bastante bem cada teoria, variando o nível de detalhes entre eles. Nota-se que vários grupos desenharam a Terra como é atualmente, com atmosfera, continentes e oceanos, quando de fato, na época sua superfície deveria ser fluída com materiais incandescentes. A figura 3.20 mostra uma série dos desenhos.

Sobre a atividade de produção de uma argumentação, apresentamos na tabela 3.5 um resumo (com extratos) do texto de cada grupo. Incluímos ao final uma categoria analítica para essa produção textual: descritiva, especulativa e argumentativa.

Na primeira, entendemos que o texto descreve a teoria, algumas vezes os alunos inserem outros detalhes e informações. Na especulação os alunos fizeram hipóteses ou inferências sobre o evento, e na argumentação os alunos utilizam informações do texto para defender ou criticar as teorias. Contudo, não podemos tomar essas categorias como absolutas, pois alguns textos eram bastante híbridos. A figura 3.20 mostra um texto completo produzido pelo grupo de alunos.

Tabela 3.5: Resumos dos textos sobre a argumentação de uma das teorias de origem da Lua.

Pergunta: Escolha uma das teorias sobre a origem da Lua e escreva um texto argumentando a favor dela.	
A1	Colisão: o marco deixado pelo choque encontra-se embaixo do oceano. Texto descritivo.
A2	Co-formação: explica o fato da lua “ter a mesma composição” que a Terra como montanhas. “Por que tudo não se atraiu e formou uma única bola? Porque algumas matérias não são compatíveis umas com as outras.” Texto descritivo e especulativo.
A3	O grupo não chegou a um consenso, dois integrantes defenderam a primeira e um a segunda. Colisão: descrição da teoria e resposta para a pergunta, “Onde estariam as deformações desse impacto? Essas deformações são as montanhas, ladeiras, descidas”. Texto descritivo e especulativo.

	Ejeção: “apenas $\frac{3}{4}$ estava dura, pois ou o núcleo haveria crescido mais a um lado e o outro demorou pouco mais a esquentar e então uma parte (que estava mole) se solta em forma líquida [...] os pedaços que sobraram caíram na Terra e formaram os canyons.” Texto descritivo com novos elementos e especulativo.
A4	Colisão: para defender a cicatriz que a colisão deveria ter causado, “como [a Terra] estava no estado líquida, tenha se estabilizado, retornado à forma circular. Isso explicaria o início do movimento de rotação do planeta e da lua no mesmo sentido”. Contrapondo as outras teorias, “assim, como a Lua não é feita apenas de materiais iguais à Terra (como defenderia a teoria da co-formação e ejeção), mas também de materiais muito diferentes (como defende a teoria da captura)” Texto argumentativo.
A5	Colisão: “a Terra é de aspecto parecido da Lua”, “não defendemos a ejeção, pois não acreditamos que a Terra girasse tão rápido [...] já a captura não explica como os dois astros foram formados no espaço [...] a co-formação não explica a formação da Terra, para que sobrasse em torno do planeta matéria que originaria a Lua”. Texto argumentativo. Texto descritivo com novos elementos e argumentativo.
A6	Co-formação: “com a formação de nosso sistema solar, os planetas foram se formando a partir de partículas que ficavam em torno do Sol. Durante a formação da Terra, a Lua se formou a partir das partículas que formaram a Terra.” Texto descrito com novos elementos.
B1	Colisão: “explica características comuns e incomuns entre a Terra e a Lua [...] a Terra por ser formada de magma conseguiu voltar a sua forma normal.” Texto descritivo com novos elementos.
B2	Co-formação: “justificando o fato que possuem aspectos físicos e químicos em comum. No entanto nessa explosão [?], algumas substâncias podem ter se juntado para formar apenas a Lua e não existem na formação da Terra, explicando o fato de possuírem algumas características diferentes”. Texto especulativo.
B3	Colisão: “como a Terra não tinha atmosfera e era bem mais frágil, então era mais fácil de se partir [...] explica os elementos em comum entre a Terra e a Lua.” Texto descritivo.
B4	Colisão: “[...] e como no espaço tudo que está separado em pequena distância se junta em forma de bola [...]” Texto descritivo.
B5	Colisão: “Na Terra havia rochas moles, que derreteram com o aumento da temperatura, formando a Terra que vivemos hoje [...] escolhemos essa pois há muitos meteoritos pelo sistema solar”. Texto descritivo e especulativo.
B6	O grupo não chegou a um consenso, os integrantes defenderam duas teorias. Colisão e captura: “mistura de elementos para formar a Lua, porém uma colisão daquele tamanho faria com que ficasse uma marca permanente. A captura explica a diferença de materiais [...] mas seria uma coisa muito difícil de ocorrer.” Texto argumentativo.
B7	Colisão: “bateu na Terra e a modelou, a Terra era fluída [...] provável porque existem muitas semelhanças entre a Terra e a Lua”. Texto descritivo.

A Teoria que defenderemos é a da Colisão. A única argumentação contra a teoria (que pensamos), é a respeito da "cicatriz" que o corpo celeste deixou na Terra. Porém, é possível que a Terra, como estava no estado líquido, tenha se estabilizado, retomado à forma circular. Isso explicaria o início do movimento de rotação do planeta e da lua no mesmo sentido, assim como a lua não é feita apenas de materiais iguais à Terra (como defenderia a teoria da ^{co-formação} ejeção), mas também não de materiais muito diferentes (caso viessem de um local diferente como defende a teoria da captura); pois é capaz de que as partes que se soltaram do corpo celeste que colidiu com a Terra tenham se misturado com a lua, diferenciando-a da Terra, mas não muito.

Figura 3.21: Exemplo de texto argumentativo elaborado pelos alunos (A4).

Os textos produzidos pelos alunos são ricos e explicitam as maneiras que articulam o conhecimento que já dispõem com o novo trazido pelos textos.

Nos textos descritivos, os alunos basicamente explicaram a teoria que escolheram, e, em alguns casos, incluíram informações que não estavam no texto para dar base a suas explicações, como, ligações químicas "matérias não são compatíveis umas com as outras" (A2), movimento de rotação da Terra no mesmo sentido que a Lua (A4), formação do sistema solar (A6), a Terra não tinha atmosfera (B3), existem muito meteoros no Sistema Solar (B5). Alguns grupos se valeram dessas inclusões de informações para especularem outros processos, explicando, por exemplo, que a colisão poderia ter iniciado o movimento de rotação da Terra (A4) ou que houve uma deformidade no planeta durante o processo de resfriamento (A3).

Nos textos argumentativos, o esperado era que os alunos trabalhassem com as informações dos textos para defender uma ou criticar as outras teorias. Neste sentido, destacamos os textos dos grupos A4 e A5. Por exemplo, “assim, como a Lua não é feita apenas de materiais iguais à Terra (como defenderia a teoria da co-formação e ejeção), mas também de materiais muito diferentes (como defende a teoria da captura)”.

Como maneira de argumentação, alguns grupos elaboraram a defesa ou crítica das teorias por meio de formulação de questões (A1, A2, A3), que se respondidas adequadamente favoreciam uma delas, caso contrário deporiam contra as teorias. Por exemplo, “Por que tudo não se atraiu e formou uma única bola? Porque algumas matérias não são compatíveis umas com as outras.” Os grupos que escolheram a teoria da colisão, justificaram a escolha supondo uma resposta para a questão sobre a marca na superfície do planeta, o fundo dos oceanos ou as montanhas e ladeiras.

Dentre os casos mais singulares, temos dois grupos não chegaram a um consenso para a escolha de uma teoria (A3 e B6), e um grupo parece ter empregado o termo “explosão” equivocadamente para se referir ao processo de formação da Terra, do Sistema Solar, ou talvez do Universo, entendido como a grande explosão. Outro erro curioso foi o grupo que considerou que a Lua e a Terra são formadas dos mesmos elementos, não por causa da composição química, mas por conta da presença de montanhas.

De maneira geral os alunos apresentaram bons textos, criativos, e que versavam sobre a escolha das teorias.

No final da aula o professor exibiu quatro animações que ilustravam as teorias de formação da Lua, em que os alunos puderam comparar com seus desenhos, apontar erros nos filmes e sugerirem outras formas de animação.

Os alunos ficaram curiosos para saber qual das teorias era a correta, e foi um momento apropriado para o professor comentar sobre os fatos, dados e verdades de uma teoria científica e como um modelo é aberto e dinâmico. Para fomentar a curiosidade e pesquisa dos alunos, o professor preferiu não responder que a teoria mais aceita pela comunidade científica é a da colisão.

Atividade 10: Luas de outros planetas.

Duração: 1 aula.

Descrição: A última atividade foi uma apresentação com mais cinquenta slides sobre as luas de outros planetas do Sistema Solar, composta basicamente por fotografias obtidas por sondas espaciais. Para cada imagem curiosa, os alunos eram inquiridos a interpreta-lá e responder perguntas oralmente.

Objetivo: O foco da apresentação foi ampliar o conceito de Lua, além de rever e aplicar o conhecimento construído sobre a nossa Lua em outros sistemas. A apresentação também visou motivar outros conceitos, como força gravitacional e Sistema Solar, que seriam os próximos temas abordados pelo curso. Ênfase didática: contexto da descoberta.

Registro: Notas de campo, auto avaliação e avaliação do curso.

Resultados: A apresentação ricamente ilustrada promoveu a participação dos alunos, que elaboraram perguntas sobre os astros ou sobre a possibilidade de vida em outros planetas e satélites. Quando possível, o professor relacionou a iluminação dos astros nas imagens com a posição do Sol e a perspectiva de visualização (Figura 3.22). Sobre cada planeta forneceu informações sobre as características físicas e orbitais.

No final da aula os alunos redigiram uma avaliação sobre o curso e sobre da participação deles. As respostas foram um tanto superficiais e talvez intencionalmente direcionadas à satisfação do professor. Os alunos listaram algumas das atividades que mais gostaram e comentaram positivamente sobre o uso de recursos multimídia e das aulas práticas.



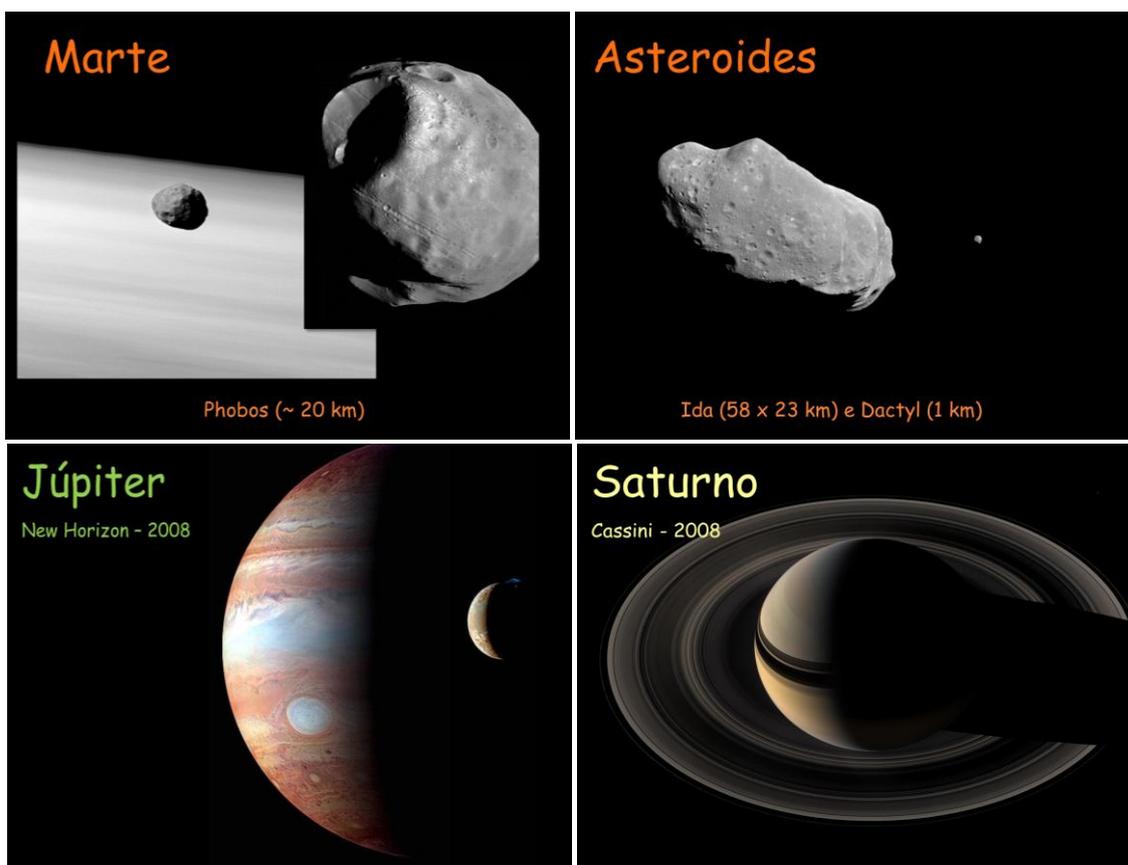


Figura 3.22: Slides da apresentação sobre as luas de outros planetas do Sistema Solar.

Questionário final – sete meses depois

Para avaliar a compreensão dos alunos sobre a ocorrência das fases da Lua após o curso, preparamos um questionário (Anexo 9) que foi respondido cerca de sete meses após as aulas. Considerando os alunos das turmas A e B, temos 39 questionários respondidos.

A primeira e a terceira questões requeriam desenhos e a segunda era uma lista de conceitos a serem assinalados conforme o grau de importância para explicação do fenômeno.

Na primeira questão, a partir de um esquema pronto do sistema TSL, os alunos tinham que desenhar a Lua em quatro posições ao longo de sua órbita que representassem as fases Cheia, Nova, Quarto Crescente e Minguante. Em quatro quadrados na lateral, eles deveriam indicar como seria a aparência da Lua observada no céu. O objetivo era avaliar as posições relativas dos astros e a iluminação da Lua.

Uma grande parte dos alunos não respondeu a questão completamente, pois, 11 dos 39 questionários (29%) apresentaram somente a segunda tarefa

da questão e desenharam a Lua somente como ela seria observada no céu em cada uma de suas fases. Por isso, nada podemos inferir sobre a modelização.

Dos alunos que responderam à questão e desenharam um modelo como requerido na questão, 10 apresentaram desenhos que consideramos corretos, 10 apresentaram desenhos parcialmente corretos - com a Lua em posições adequadas mas com a iluminação equivocada - e 8 alunos mostraram modelos incorretos. Dos desenhos considerados como parcialmente corretos, o erro mais comum foi representar as faces iluminadas das fases Quarto Crescente e Quarto Minguante tal como observadas a partir da Terra ou ainda de maneira mais confusa.

Os modelos corretos e parcialmente corretos representam cerca 52% da amostra total ou 70% dos alunos que de fato elaboraram um modelo, em que não consideramos os que não responderam à pergunta completa. Nos modelos que consideramos incorretos (20%), as Luas foram desenhadas em posições e com iluminações equivocadas, e com inversão entre a fase Cheia e Nova na maioria dos casos. Exemplos de desenhos das três categorias citadas acima são exibidos na figura 3.23.

Consideramos esses resultados como satisfatórios, pois dado o cuidado que tivemos com o trabalho dos conceitos relevantes, esperávamos um maior número de acertos.

Excluindo os cerca de 30% dos alunos que não responderam à questão, 70% deles foram capazes de construir um modelo adequado para o fenômeno das fases (correto e parcialmente correto).

A segunda questão apresentava uma lista com doze conceitos, e dirigia os alunos a marcarem os cinco mais importantes para explicar as fases da Lua. A frequência de cada conceito com relação à ordem de importância assinalada pelos alunos é apresentada na tabela 3.6. O objeto dessa questão era tentar estabelecer o sistema conceitual dos alunos para o fenômeno das fases.

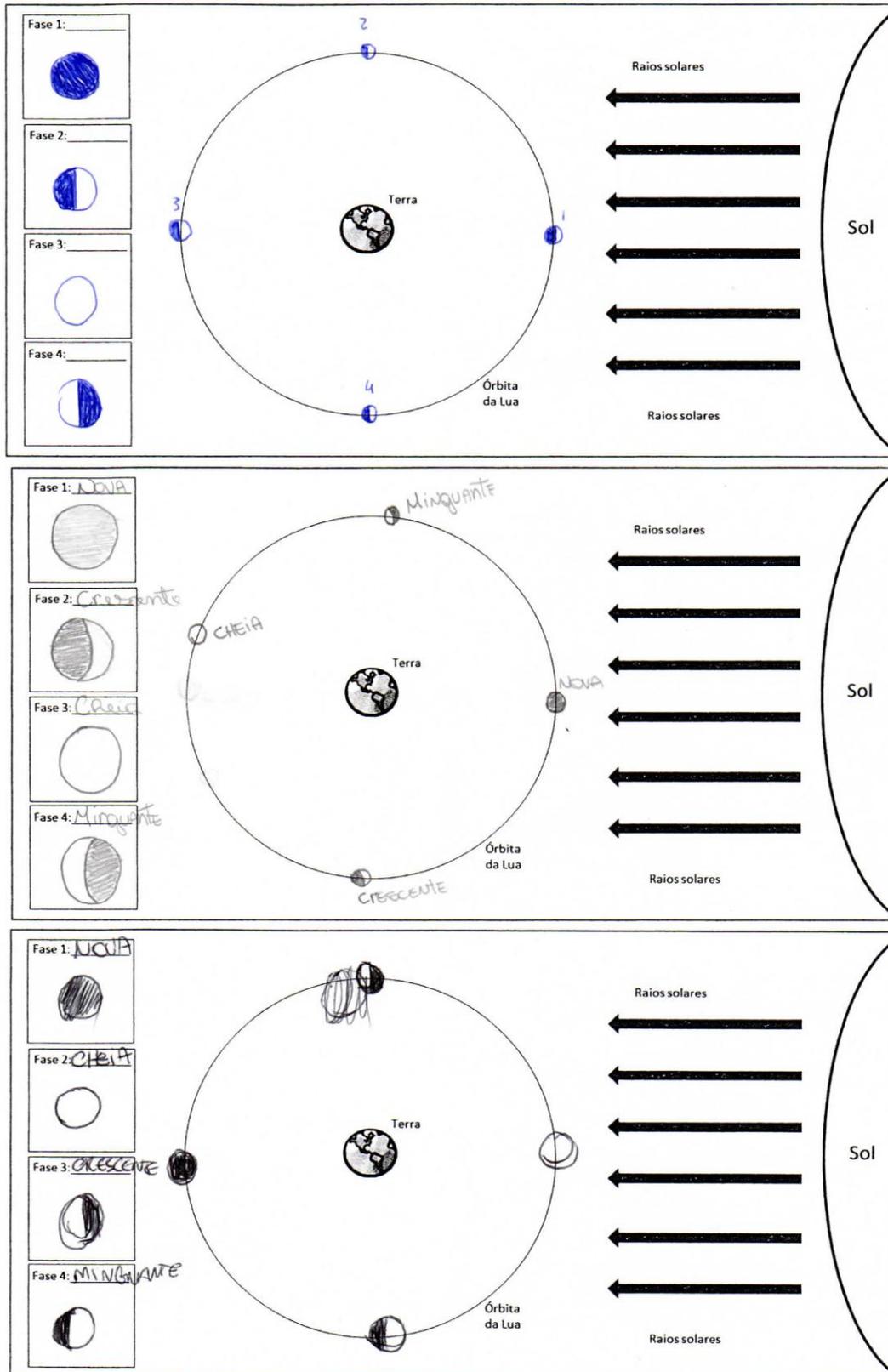


Figura 3.23: Desenhos dos alunos para a primeira questão do questionário (a, correto; b, parcialmente correto e c, incorreto).

Tabela 3.6: Inventário dos conceitos relacionados pelos alunos na segunda questão do questionário.

Importância	1	2	3	4	5	Total
rotação da Terra	5	2	5	2	5	19
translação da Terra	1	2	3	9	3	18
inclinação do eixo da Terra	0	1	5	3	5	14
posição do observador	0	0	5	5	5	15
rotação da Lua	2	2	1	0	3	9
translação da Lua	9	5	9	2	2	27
iluminação do Sol	13	17	1	4	2	37
alinhamento TSL	2	3	2	4	4	15
posição relativa TSL	7	4	5	7	5	27
Lua é esférica	0	2	3	1	2	8
Terra é esférica	0	1	0	2	3	6
outros	0	0	0	0	0	0

Analisando os três conceitos citados como sendo os mais importantes, encontramos a “translação da Lua”, a “iluminação do Sol” e a “posição relativa TSL”. Esses mesmos três conceitos são os mais citados quando consideramos qualquer dos cinco níveis de importância (total).

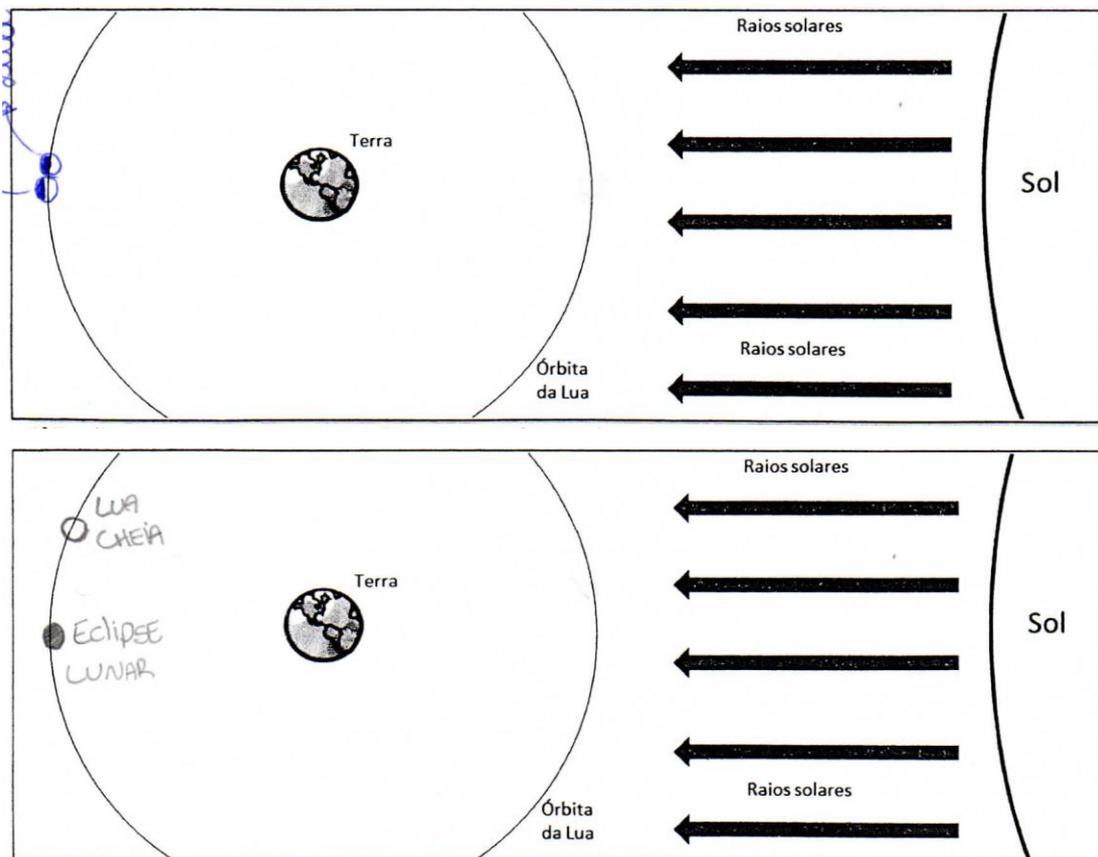
Esse resultado evidencia que a maioria dos alunos soube indicar quais propriedades do sistema TSL viabilizam a ocorrência das fases da Lua.

Como a questão orientava os alunos a assinalarem cinco conceitos, é natural encontrarmos a partir do terceiro nível, alguns que não são relevantes para a observação do fenômeno. Desses, os mais citados foram a “rotação da Terra”, a “translação da Terra” e a “posição do observador na Terra”.

A terceira questão também requeria um desenho. Nela os alunos eram orientados a colocarem a Lua em duas posições em sua órbita de modo que elas representassem a sua fase Cheia e o eclipse lunar. Essa tarefa é capciosa pois no esquema plano do modelo TSL, a Lua ocupa rigorosamente a mesma posição em ambos os fenômenos.

Tal como ocorreu na primeira questão, muitos alunos não responderam a questão com cuidado. Uma parte significativa (30%) confundiu os eclipses e desenharam a Lua Cheia e o eclipse do Sol. Não sabemos se isso aconteceu por falta de conhecimento ou se pela consciência do impasse que causaria posicionar o satélite durante o eclipse da Lua. Outra parte significativa (18%) fez desenhos que não permitiram nenhum tipo de análise por serem mal feitos e pouco descritivos.

Dos questionários que permitiram uma análise mais detalhada, 3 dos 39 (8%) perceberam e explicitaram que a Lua deveria estar nas mesmas posições, porém, durante o eclipse ela estaria “um pouco acima”. Esses foram desenhos considerados corretos. Outros 12 (31%) desenharam de maneira parcialmente correta a Lua em duas posições na “parte de trás” do sistema. Nesse último caso, os alunos pareceram deslocar a Lua Cheia para os lados, com objetivo de que ela não fosse atingida pela sombra da Terra, deixando assim a região do alinhamento dos astros para o eclipse. Por fim, 5 (13%) desenhos inverteram a posição da Lua Cheia com a Nova, e os consideramos incorretos. Exemplos dessas três categorias acima são exibidos na figura 3.24.



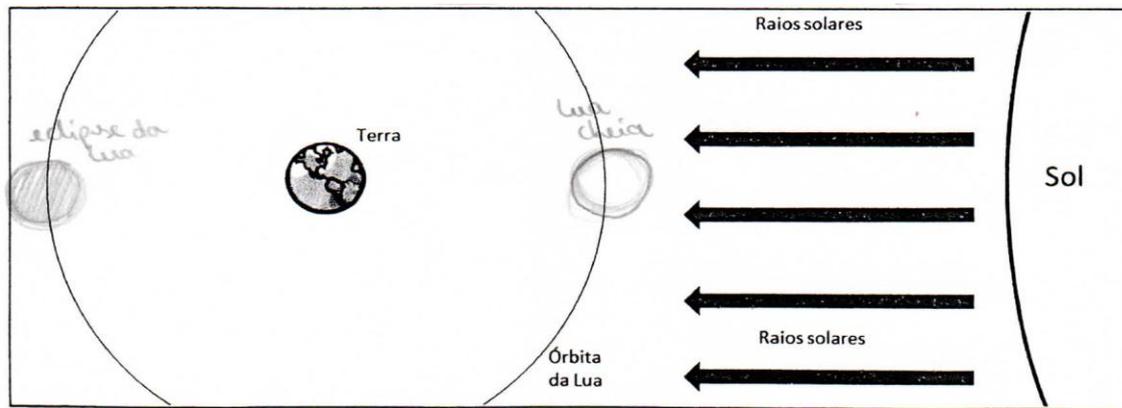


Figura 3.24: Desenhos dos alunos para a terceira questão do questionário (a, correto; b, parcialmente correto e c, incorreto).

Por não mencionarem a inclinação da órbita da Lua em relação à órbita da Terra, os resultados mostram que os alunos não estavam conscientes ou seguros da posição da Lua nos dois eventos. De fato, não houve em nossa intervenção um trabalho focado nos eclipses.

3.3 Conclusão

Avaliando o desenvolvimento conceitual e procedimental da sequência de aulas e atividades propostas, acreditamos que tiveram como direção os três contextos apresentados por Engeström (1991) sobre o ensino-aprendizagem a partir da teoria da atividade. Não iremos nos alongar nessa discussão visto que no objetivo de cada atividade apontamos e explicamos o contexto enfatizado.

Com relação ao aprendizado dos alunos, iremos discutir os resultados com base em dois temas, as fases da Lua e o conceito-atividade. Enquanto o primeiro discutirá o aprendizado dos alunos com base nos resultados dos seus trabalhos sobre o fenômeno tema desta dissertação, o segundo versará sobre a implicação do conceito-atividade no processo de ensino-aprendizagem. Partiremos de duas questões.

• Como foi o ensino-aprendizado das fases da Lua?

Do ponto de vista científico consideramos que houve um trabalho denso e pertinente no tratamento do conteúdo astronômico. Os alunos tiveram uma participação ativa e envolvente nas atividades e consideramos que construíram um modelo adequado para as fases da Lua. Esta inferência é suportada pelos registros e interação dos alunos nas atividades específicas e pelas respostas

do último questionário. Entendemos que a discussão sobre a inclinação do plano da órbita lunar foi insuficiente, como um possível ajuste indicaremos uma sugestão de trabalho mais adiante.

Nossa interpretação é que as atividades 1 e 2 foram importantes como primeira aproximação dos alunos no sistema Terra-Lua, mas principalmente ao discutir suas dimensões e escala correta. Considerando as escolhas das bolas representativas dos astros pelos alunos e seus familiares, concluí-se que as dimensões astronômicas são impossíveis de serem apreendidas pelos sentidos humanos e da interação com o cotidiano imediato. Essa questão precisa ser trabalhada com cuidado, pela construção concreta de modelos em escala, para uma compreensão mais adequada das fases da Lua e diferenciação do eclipse lunar.

Entendemos que as atividades 4, 5, 6 e 7 formam um bloco didático para o ensino das fases da Lua porque trabalham com os conceitos importantes e complementares para a explicação do fenômeno.

A atividade 5 trabalhou com a questão da iluminação e visualização da aparência da Lua a partir da perspectiva do observador. Nesta atividade, os alunos eram obrigados a fazer um “exercício de imaginação” e colocarem-se na posição de observação (luneta), pois estavam inicialmente em suas mesas. Esse movimento é similar ao que fazemos quando imaginamos a aparência da Lua a partir de um diagrama com o modelo heliocêntrico. Esta atividade ainda é particularmente relevante para discutir a posição relativa dos astros, Terra-Sol-Lua, com relação a posição dos elementos aluno-lanterna-bola.

Por meio da manipulação de objetos, a atividade 6 propôs a construção de um modelo explicativo das fases a partir da perspectiva heliocêntrica. Nesta atividade trabalhou-se novamente a questão da iluminação da Lua, notando-se, contudo, que ela sempre apresenta metade iluminada e metade escura, e qual face está voltada para a Terra em cada ponto de sua órbita. A posição relativa dos três astros foi discutida por meio do trio lanterna-bola-bola. A inclinação da órbita lunar também foi problematizada para explicar a não ocorrência mensal do eclipse lunar na posição da Lua Cheia.

A atividade 4 também pode ser entendida como constituinte deste bloco, se considerarmos a tarefa da observação sistemática da Lua. Em um desenho preciso deveria ser possível notar que a partir da posição da Lua Nova, a cada

dia, sempre no mesmo horário, a Lua se distancia do Sol e torna-se mais cheia, sendo possível “ver” a posição relativa dos astros e a implicação na aparência da face da Lua.

A atividade 7 organizou os elementos levantados pelas duas atividades anteriores pela análise e interpretação de fotografias, esquemas, exibição de vídeos e uso de simuladores. Contudo, entendemos que essa sistematização precisa ser mais individual, isto é, mobilizar os alunos para que reflitam sobre e operem o modelo a ser elaborado. Como ajuste, sugerimos a aplicação de uma avaliação individual.

Apesar de termos levado um telúrio para sala de aula durante a sistematização, sua operação foi demonstrativa e a discussão da inclinação do plano orbital abreviada. O trabalho com o telúrio também seria o promotor da discussão da ocorrência dos eclipses.

Por isso, em uma futura edição da intervenção, caso haja disponibilidade de tempo no calendário, sugerimos a inclusão de uma atividade em duas aulas para os alunos, em grupos, manipularem a montagem de um telúrio de baixo custo (Figura 3.25). Nele, os alunos poderiam posicionar a Terra e a Lua em suas respectivas órbitas e responderem questões sobre a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses lunares e solares. O copo plástico cortado obliquamente representa a inclinação da órbita da Lua em relação à da Terra (plano do papelão).

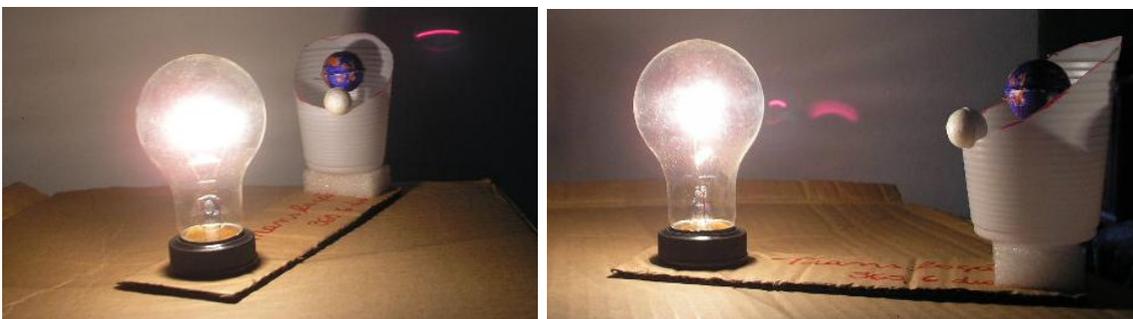


Figura 3.25: Montagem de baixo custo de um telúrio que permite a manipulação dos alunos organizados em pequenos grupos.

Destacamos que a descrição e análise da intervenção não teve ênfase explícita nas ações desempenhadas pelo professor. Primeiro por elas não serem objeto da pesquisa, e segundo por essas ações estarem contidas na produção e descrição das atividades. Nessa dissertação o nível de análise é o trabalho e

compreensão dos grupos de alunos, que naturalmente estão articuladas com as ações do professor e de cada aluno. Contudo, para uma honesta discussão dessas últimas, precisaríamos ter coletado os dados de maneira individual, por meio de entrevistas ou gravação direcionada da exposição do professor. Em outras palavras, analisamos a intervenção no nível da ação dos alunos, um estudo em outros níveis hierárquicos iria requerer outra metodologia. Por fim, afirmamos que as atividades não são autoinstrutivas, ou seja, a interação delas com os alunos não é suficiente para um aprendizado adequado, sendo a mediação do professor, portanto, parte imprescindível no processo.

• **Como o conceito-atividade Lua chegou na sala de aula?**

Nosso argumento sobre a implicação do conceito-atividade no processo de ensino-aprendizagem se dá pela relação de um conceito com sua atividade humana genética e deles com a atividade escolar.

Uma possível interpretação desse argumento significa a reprodução da atividade humana genética dentro da atividade escolar como forma de resgatar as motivações e os sentidos da construção do conceito. Essa proposição pode ser particularmente poderosa para tratar o conteúdo científico, de modo que a inclusão de experimentos, procedimentos, instrumento e regras da Ciência privilegiariam a formação adequada do conceito, com seu sentido vinculado à atividade científica.

Em outras palavras, não tem sentido, ou melhor, há um sentido limitado, hermético e estéril em ensinar as fases da Lua por meio da leitura de um livro ou visualização de um esquema inadequado.

Como as atividades propostas em nossa intervenção promoviam ações e procedimentos científicos, entendemos que desenvolvemos uma abordagem didática que podemos chamar de conceito-atividade científica.

Contudo, os conceitos de Lua e fases da Lua transbordam a delimitação da Ciência e da escola, e outras manifestações “são”, “estão” e “vem” de outras atividades humanas.

Isso nos leva a entender que ensinar o conceito-atividade Lua é tratar do conceito em relação às diversas atividades humanas, de maneira que o aluno possa conhecer e reconhecer o conceito em outras atividades, em casa, na escola, no trabalho e no mundo.

Em nossa intervenção, um dos objetivos era que a disciplina de Ciências encarasse o desafio de tratar o conceito lunar em suas múltiplas atividades ao discutir alguns de seus sentidos culturais, sociais e científicos ao longo da história.

Essa discussão foi planejada para aparecer na composição do segundo bloco de atividades (4, 8 e 9) que mostra o conceito como uma entidade aberta, dinâmica, controversa e resultado de dúvidas, angústias, debates e poder.

Na atividade 4, as entrevistas com as pessoas próximas do círculo dos alunos tiveram como objetivo trazer para sala de aula as crenças populares. E de fato, os relatos mostraram uma diversidade e riqueza cultural, com sentidos vindos da experiência pessoal e do conhecimento popular e científico.

A atividade 8 mostrou um episódio da gênese do conceito por meio da comparação dos registros históricos Harriot e Galileu da superfície lunar. Após essas observações instaurou-se um debate sobre a natureza da Lua, de um lado a concepção aristotélica de uma Lua perfeita e lisa, e de outro a concepção galileana de uma Lua rugosa, imperfeita, com vales e montanhas.

A atividade 9 trouxe um segundo e mais atual debate sobre as teorias para a origem da Lua. Nesta aula discutiu-se com os alunos como um conceito é aberto e dinâmico, ainda (e sempre!) por se fazer.

De certa maneira, podemos considerar a atividade da correção do livro didático (3) como integrante desse segundo bloco, pois discutimos a limitação da representação do conceito.

No cômputo geral, a discussão da amplitude conceitual poderia ter sido realizada com mais cuidado e destreza, e ficou um pouco limitada por conta da restrição do tempo. Destacamos que não queríamos abrir mão de desenvolver um trabalho rigoroso sobre as fases lunares.

Assim, no referente a essa discussão, se no início do projeto tivemos um ingênuo anseio de discutir todos os sentidos de Lua com os alunos, logo após as primeiras aulas tornou-se claro que não haveria tempo suficiente e que o trabalho esbarraria em conteúdos de outras disciplinas.

As conclusões encaminhadas acima versaram somente sobre os dados de nossa intervenção, considerando basicamente os resultados das atividades realizadas pelos alunos. No próximo capítulo iremos ampliar essas conclusões, retomando o levantamento bibliográfico e o referencial teórico.

Capítulo 4 – Conclusão

Neste capítulo continuaremos a discussão dos nossos resultados de pesquisa comparando-os com os resultados referenciados no levantamento bibliográfico e ampliando a proposição teórica do conceito-atividade como um articulador das atividades escolares com as atividades do mundo.

Preâmbulo

A própria pesquisa como um movimento entre o abstrato e o concreto

Mesmo o texto de uma dissertação apresentando uma narrativa linear, as reflexões e ações não seguem um percurso tão retilíneo. Mas ao contrário, o percurso se constrói por vales, montanhas, planaltos, passando por cordilheiras e desfiladeiros profundos que mostram como caminhamos em círculos, como voltamos ao ponto de partida, e como nos pomos a caminhar novamente até o ponto de chegada. A própria forma do relevo não é definida a priori, o caminho se faz ao caminhar.

Essa metáfora também pode ser aplicada à formação de conceitos pelos movimentos entre o abstrato e o concreto, entendidos como um processo que nunca termina. E assim foi com o conceito-atividade. Ao começamos a formar um conceito-atividade, nunca o teremos finalizado ou definitivo. É sempre o movimento. Se o primeiro movimento foi partir da leitura e discussão de textos da perspectiva cultural-histórica até a abstração da primeira enunciação, então a partir dela, cada nova leitura, cada novo olhar para a Lua, cada nova conversa ou episódio histórico era um retorno ao concreto, seguido de outra abstração e, outra vez, o retorno ao concreto.

A implicação desse processo na pesquisa é a de que a teoria nunca está completamente pronta para intervenção, e dialeticamente, a intervenção nunca responde completamente à teoria, as duas mudam e constituem-se uma em relação à outra no processo.

Em nosso caso, durante a intervenção o conceito-atividade era uma tese, um conceito não concretizado, não objetificado. Mas, sendo a própria formação de conceito o movimento entre os polos abstrato-concreto, foi pela e

na intervenção, que o conceito-atividade emergiu como resultado da atividade coletiva acadêmica. Um resultado contínuo, que passará por outras abstrações, e novas intervenções e abstrações...

Em outras palavras, a proposição do conceito-atividade, por exemplo, tal como apresentada no segundo capítulo em sua última e mais atual versão, não era a mesma durante a intervenção, e ampliou e concretizou significados após as aulas e a análise dos dados.

Nesse sentido, se a cada abstração e cada interação com os objetos do mundo a própria pesquisa é (re)conceituada, o texto de uma dissertação traz apenas momentos de compreensões no tempo, e caracteriza o capítulo de conclusão como a versão mais atual desse movimento.

Vamos a este momento, então...

4.1 Discutindo o problema I - Concepções e os artefatos culturais

Nesta seção iremos discutir nossos resultados sobre a compreensão dos alunos sobre as fases da Lua pela comparação com os dados do levantamento bibliográfico, enfatizando e problematizando alguns aspectos, e apontando algumas conclusões. Assim, o objetivo será abordar elementos da formação de conceitos que permitam analisar o processo de ensino-aprendizagem e discutir a origem da dificuldade na explicação e modelização do fenômeno, tanto para crianças quanto adultos, incluindo professores.

Contudo, para fomentar as hipóteses de trabalho, cremos ser necessário deter-nos detalhadamente no trabalho de Engeström (1990), que analisa a concepção de alunos finlandeses entre 14 e 17 anos por meio de questionários e as compara com as imagens dos livros didáticos. Sua argumentação para as concepções espontâneas dos alunos é contundente.

Ele discorda da tradição inspirada em Piaget que entende as más concepções dos alunos como um pensamento lógico ainda imaturo, originado do raciocínio egocêntrico ou concreto. Para ele, essa abordagem admite as más concepções como “[...] biológica e logicamente determinadas, não cultural e historicamente produzidas” (p. 4, tradução nossa¹).

¹ [...] biologically and logically determined, not culturally and historically produced.

É importante notar a drástica diferença entre os dois programas de pesquisa discutidos:

Para muitos proponentes da abordagem piagetiana na educação, os livros didáticos, conteúdos e práticas tradicionais de instrução escolar parecem irrelevantes como objeto de estudo. Para a abordagem cultural-histórica, eles são essenciais como artefatos mediadores de várias formas de atividades mental e práticas (ENGESTRÖM, 1990:21, tradução nossa²).

Assim, a partir da tradição cultural-histórica, Engeström argumenta que a essência das concepções dos alunos pode ser encontrada “[...] nas atividades dos adultos e nos artefatos culturais, como nos textos escolares e nas práticas instrucionais” (p. 4-5, tradução nossa³).

Analisando as práticas escolares e principalmente os livros didáticos, ele aponta alguns problemas no tratamento do conteúdo das fases da Lua:

- A relação entre as fases da lua e os eclipses não são problematizados;
- Os diagramas são construídos ou aplicados pelos alunos como um instrumento de análise, mas são dados em suas formas finais.

Ou seja, a estrutura dos livros e das aulas apresentam qualidades - lineares, lógicos e segmentados - que criam compartimentos ilusórios. Por exemplo, a apresentação dos eclipses sucede à apresentação das fases da Lua e usam os mesmos tipos de esquemas⁴, não havendo problematização ou modelização dos dois fenômenos. Não existe uma participação ativa do aluno, que em geral, não observa ou reflete sobre o fenômeno, mas recebe respostas sem perguntas e modelos sem fenômeno. Entendemos que nossa proposta superou essa crítica, pois não utilizamos esquemas prontos ou genéricos para apresentar as fases da Lua para os alunos, e preparamos atividades de observação (atividade 4), simulação (5) e modelização do fenômeno (6 e 7).

Especificamente sobre os diagramas, ele aponta:

- A “destruição” dos tamanhos e distâncias faz com que os alunos não compreendam quão pequeno é o tamanho da sombra da Terra;
- A “perda” da terceira dimensão favorece a compreensão equivocada

² For many proponents of the Piagetian approach in education, the textbooks, contents and practices of standard school instruction seem irrelevant as an object of study. For the cultural-historical approach, they are essential as artifacts mediating various forms of mental and practical activities.

³ [...] in adult activities and cultural artifacts, such as school texts and instructional practices.

⁴ Como exemplo, sugerimos ver a figura A2.2, do Anexo 2, no final dessa dissertação.

que a sombra da Terra será projetada sobre a Lua mensalmente.

De fato, nossas atividades (1, 2, 3 e 4) mostraram que os alunos e seus familiares não tinham consciência da escala correta do sistema e que o esquema do livro didático é incorreto (Figura 3.3). Construir um modelo material em escala é bastante esclarecedor, pois problematiza a explicação incorreta para as fases da Lua que utiliza a sombra da Terra. Nessa maquete é possível notar dois aspectos do fenômeno: primeiro que a sombra projetada pela Terra na região da órbita lunar é muito pequena, e segundo, que mesmo quando a Lua encontra-se nela, ou seja, um eclipse lunar, o fenômeno é muito rápido e não demora mais que seis horas. Ou seja, nessa maquete seria impossível aceitar a explicação errada, principalmente se consideramos os períodos dos movimentos.

A questão da tridimensionalidade dos esquemas afeta diretamente a visualização da inclinação da órbita lunar, e não se pode explicar corretamente as fases se considerarmos as órbitas da Lua e Terra no mesmo plano, ainda mais com as dimensões discrepantes. Se olharmos para a maioria dos esquemas dos livros, é difícil não pensar na projeção da sombra da Terra sobre a Lua.

Engeström (1990) argumenta ainda que a tridimensionalidade não é uma percepção autoevidente para os seres humanos, mas ao contrário, que sofre influência de adoções culturais e históricas de regras de representação. Como exemplo ele cita o fato de retas paralelas parecem convergir somente depois que “aprendemos a ver”. Na mesma perspectiva, Leite (2006) desenvolve a noção de espaço como uma construção cultural. Em nossa intervenção, a visualização e a discussão da terceira dimensão foram feitas com base no simulador, no telúrio e com desenho em perspectiva correta (atividade 7).

Os dois pontos considerados acima e suas respectivas análises, vemos como os sentidos e percepções humanas são limitados para apreender as dimensões astronômicas, por isso elas precisam ser apresentadas, discutidas e problematizadas para construção dos instrumentos mediadores adequados com os alunos.

Ainda no mesmo artigo, Engeström (1990) discorre sobre outra possível justificativa para as más concepções:

- O pensamento animista juntamente com o significado de sombra.

Ele diz que na linguagem cotidiana é muito comum dizer que a sombra “cobre ou é projetada sobre algo” ou que “segue alguém”, ou seja, induz a uma noção de sombra como uma figura animada, com vontade própria e que move com e em volta das pessoas. A sombra ainda é tida como um duplo significado, além de “algo de cobre”, é “algo do outro lado de um objeto iluminado”. Esse raciocínio aplicado à observação da Lua é curioso, pois perdemos a referência da fonte de luz ou de qualquer obstáculo, e, ao lembrarmos do Sol, supomos ser a Terra o único obstáculo a fazer sombra.

Estas considerações nos levam a pensar em outro aspecto capcioso do cotidiano, a visibilidade de um objeto quando iluminado diretamente. Quando entramos em qualquer ambiente iluminado, temos ciência da fonte de luz e vemos todos os objetos do cômodo por reflexão. Mesmo colocando um anteparo ou obstáculo perto da lâmpada, ainda continuamos a ver os mesmos objetos, pois a reflexão difusa garante a propagação dos raios de luz em qualquer direção. Em outras palavras, mesmo num ambiente pouco iluminado, os raios de luz se propagam em qualquer direção. Isto determina que sempre vemos um objeto por inteiro, pode ser que uma face esteja bem mais iluminada que a outra, mas a face menos iluminada não se torna invisível. No espaço, ao contrário, os raios solares vêm especificamente em uma direção e faz com que a face não iluminada da Lua seja completamente invisível. Ou seja, a parte escura da Lua é a própria sombra da Lua, mas nossa referência do cotidiano nos induz a procurar outro obstáculo para a escuridão da Lua e talvez assumir a Terra.

Analisando as considerações acima, acreditamos que os resultados positivos em nossa intervenção podem ser explicados por termos trabalhado com cuidado os quatro primeiros pontos discutidos anteriormente no primeiro bloco das atividades (1 a 7).

Assim, concordamos com a proposição do finlandês em analisar as concepções espontâneas dos sujeitos com base na mediação dos artefatos culturais, considerados aqui desde o simples diagrama até as práticas sociais. Acreditamos que, “quem **observa** o fenômeno das fases da Lua, o **explica** satisfatoriamente”; prova disso é que seu mecanismo era conhecido desde a Antiguidade e não encontramos na história nenhum modelo que admitia a sombra da Terra como causa das fases da Lua. Evidente que não é uma ou

qualquer observação, mas um estudo coletivo, sistemático, ativo e dirigido do fenômeno. Disso, podemos entender que a má concepção do fenômeno esbarra nas práticas sociais da sociedade moderna que praticamente não valoriza a observação da natureza. Ou seja, a má concepção é um produto cultural e uma interpretação “universal”, “natural” e determinada biologicamente não responde às pressões culturais.

Roth et al. (2008) discutem essa posição em um provocativo artigo sobre as concepções espontâneas das pessoas sobre os fenômenos astronômicos cujo o título ***Culturing conceptions: From first principles*** é emblemático e admite uma “abordagem cultural para as concepções” (p. 234).

No artigo eles argumentam que as pessoas podem falar de temas que elas nunca falaram ou pensaram anteriormente, de fato, afirmam que fazemos isso quase que diariamente em diversas conversas. O problema, segundo eles, é tomar essa enunciação da entrevista como um modelo mental:

O que eles dizem, portanto, é uma construção da vida-real em curso de sentido que certamente não pode ser precedido por um modelo em sua mente, porque o último impossivelmente exige a posse de uma re-apresentação, quando nunca houve uma apresentação em primeiro lugar. As pessoas podem falar sobre os novos temas, embora mais tarde o tema é repetido em diferentes formas (re-apresentações). (ROTH et al. 2008:242, tradução nossa⁵)

De fato, julgamos ser complicado dotar as repostas elaboradas pelos sujeitos que participam de pesquisas de levantamento das concepções como modelos explicativos que usam em seu cotidiano. Na maioria das vezes eles nunca haviam sido solicitados a pensar sobre tal questão que, inclusive, é colocada de forma descontextualizada e desligada de qualquer atividade. Em uma paráfrase livre de Lewis Carrol, na fala do gato de Cheshire em **Alice no País das Maravilhas**, “Se não sabes para onde vais, então qualquer caminho serve”, eu diria: “Se não sabes sobre o sistema TSL, então qualquer explicação serve”.

Voltando ao trabalho de Roth e colegas sobre a abordagem cultural, eles articulam a formação de conceitos com a linguagem, sugerindo que: “[...]”

⁵ What they say therefore is a real-life ongoing construction of sense that surely cannot be preceded by a model in their mind, because the latter impossibly requires possession of a re-presentation when there never has been a presentation in the first place. People can talk about new topics, even though later the topic is repeated in different forms (re-presentations).

existem dimensões ativas e passivas de modos de falar ("concepções [alternativas]"), pois um modo de falar sempre é realizado por uma pessoa, mas as possibilidades da linguagem e sentidos sempre emergem do outro e são para o outro" (p. 256, tradução nossa⁶).

Assim, ao enunciar um conceito ou modelo explicativo, especialmente se não foi pensado anteriormente, apesar de utilizarmos recursos da linguagem, essa linguagem não é nossa. Os autores sugerem que essa componente passiva de apropriação da linguagem pode ser associada às ditas concepções espontâneas. Ou seja, de outra maneira ele também infere que as concepções são construções da cultura.

Com esse olhar, podemos voltar aos dados da literatura e ressignificar algumas das conclusões.

Vimos que para justificar a dificuldade em explicar o fenômeno, a maioria dos trabalhos argumenta sobre a elevada "abstração espacial" da geometria do modelo e a falta das habilidades de "localização e orientação espacial" dos sujeitos (PLUMMER & ZAHM, 2010; KRINER, 2004; PARKER & HEYWOOD, 1998; CALLISON & WRIGHT 1993). Essa tese pode ser considerada correta, pois se recorrendo à matriz conceitual do fenômeno (Figura 2.3), verificamos que grande parte dela relaciona conceitos ligados à posição e/ou movimento dos astros. O mesmo podemos dizer sobre o "raciocínio bi e tridimensional" e a "mudança de perspectiva (referencial) de observação" (PLUMMER & ZAHM, 2010; LEITE, 2006; CALLISON & WRIGHT 1993), visto que na matriz existem conceitos ligados à inclinação da órbita lunar ou da posição do observador.

Contudo, não relacionamos essas conclusões com a maturidade cognitiva dos sujeitos – até mesmo porque a inadequação do modelo não é diferente entre sujeitos de idade e formação diferente – mas a colocamos como artefatos culturais. Ou seja, as práticas sociais da sociedade moderna, o lidar com o mundo atual, não promovem o desenvolvimento de competências que favorecem a compreensão do fenômeno lunar.

⁶ there are active and passive dimensions to ways of talking ("[alternative] conceptions"), because a way of talking always is realized by a person, but the possibilities of language and sense always emerge from the other and are for the other.

Como último ponto a ser considerado, queremos apresentar e discutir as hipóteses do trabalho de Aufschnaiter e Rogge (2010), que no título em inglês fazem uma comparação curiosa, ***Misconception or Missing Conceptions?***

No trabalho as autoras argumentam que alguns casos, antes de uma má concepção, os alunos pesquisados não tinham concepção, não operavam com nenhum pensamento conceitual. Eles atribuem duas hipóteses para a falta das concepções, ou “[...] estão faltando porque (ainda) não foram estabelecidas ou estão faltando porque elas não estão (ainda) explicitamente construídas como concepções” (AUFSCHNAITER & ROGGE, 2010:11, tradução nossa⁷).

Acreditamos que essa argumentação também pode ser enquadrada no caso das fases da Lua. Novamente, se voltarmos à matriz conceitual veremos que é complexa, com muitos elementos e conexões. O desconhecimento ou a não consciência explícita de um conceito pode fazer os sujeitos elaborarem um modelo equivocado.

Como síntese dessa discussão, extraímos que não se deve considerar uma única causa para justificar a dificuldade na compreensão do modelo, mas que deve planejar um ensino que leve em considerações todos os conceitos e habilidades requeridos para compreensão do fenômeno. De fato, ensinar as fases da Lua por meio da visualização e interpretação de um diagrama plano e com dimensões equivocadas não é uma boa metodologia. Ou seja, ensinar e aprender as fases da Lua requer um planejamento e preparação de atividades específicas e articuladas.

E por falar em atividade, vamos para próxima seção.

4.2 Discutindo o problema II - A articulação das atividades escola-mundo

Nesta seção voltaremos à questão do conceito-atividade para continuar a explorá-lo como uma proposição teórica, mas com ênfase em sua implicação pedagógica, como um recurso para ampliar o sentido da aprendizagem escolar e relacioná-la com o mundo.

⁷ [...] are either missing because they are not (yet) established or are missing because they are currently not explicitly constructed as conceptions.

O conceito-atividade é uma proposição que almeja representar e discutir a relação essencial entre duas categorias tidas como separadas, o conceito e a atividade. Dizemos “relação essencial” para explicitar que por serem produtos da relação entre homem e mundo, os conceitos são dados nas/pelas atividades coletivas. De maneira dialética, devemos entender também que as atividades coletivas se constituem em torno de conceitos compartilhados.

Assim, não existe conceito sem atividade ou atividade sem conceito, é uma unidade, mas não identidade. Conceito sem atividade não é um conceito, é algo cristalizado, estéril, que perdeu suas relações com o mundo.

Voltando ao título da dissertação, chamamos de facetadas de um conceito, cada uma de suas concretizações dada pela atividade. Ou seja, um conceito tem vários sentidos se considerados dentro de várias atividades. Disso advém as qualidades fluído, amorfo, dinâmico e controverso dos conceitos.

A implicação da noção de conceito-atividade no ensino pode ser vista pelo menos segundo dois níveis de abrangência.

O primeiro, talvez óbvio após ser enunciada, é que atividades diferentes formam conceitos diferentes. Isso significa que para garantir uma construção conceitual adequada, precisamos olhar para as atividades propostas. Assim, a disciplina de Ciências deve privilegiar atividades científicas, isto é, que tratem dos conteúdos, procedimentos e atitudes científicos. Esse tipo de abordagem, também originada a partir perspectiva cultural-histórica, já existe na literatura e sugerem que o ensino deve reproduzir as atividades dos cientistas (ROTH, 1995). Acreditamos que o primeiro bloco de nossas atividades (1 a 7) teve esse direcionamento ao propor tarefas como observação, investigação, simulação e modelização.

O segundo nível para pensarmos o conceito-atividade, é considera-lo como integrador da atividade escolar com as atividades do mundo, pois ele corporifica alguns dos multissentidos - facetadas - que o conceito pode revelar. Como já dissemos, o conceito-atividade é uma síntese da ação do homem no mundo que encarna todas as atividades humanas, o que faz da Lua um objeto mais humano que um corpo astronômico. No caso do objeto de estudo escolar dispor de múltiplos sentidos, esses romperão os muros da escola e permitirão o engajamento produtivo dos alunos por diferentes meios.

Em outras palavras, estamos dizendo que ao escancarar alguns dos sentidos de um conceito-atividade, ele transborda a escola e vai para o mundo, e os alunos terão infinitas possibilidades para se apropriarem de seus outros significados para além do escolar.

Em nossa intervenção, essa perspectiva educacional do conceito-atividade foi planejada para compor o segundo bloco de atividades (8 e 9). A oitava atividade teve como objetivo discutir as observações de Harriot e Galileu como parte da gênese do conceito de Lua e a nona atividade, sobre as teorias de origem da Lua, mostrar como o conceito de Lua ainda é um conceito em aberto, dinâmico, ainda em debate.

De certo ponto de vista, entendemos que outras duas atividades também podem ser consideradas como portadoras do conceito-atividade. As entrevistas com os familiares (atividade 4), que teve como meta mobilizar outros sentidos do conceito-atividade Lua, e a atividade de correção do livro didático (3). Se a primeira trouxe um mundo de sentidos para dentro da sala de aula, a segunda discutiu a cristalização e a contraversão dos conceitos.

Para quem cogitou no início da elaboração da sequência das atividades mobilizar *todos* os sentidos da Lua, a intervenção pode ser considerada como um tanto limitada. Mas dada as condições do calendário escolar disponível e o compromisso com o conteúdo de Ciências, tivemos pouca margem de manobra para ampliação. Além disso, não queríamos somente *apresentar* os tópicos da construção histórica do conceito, e não encontramos uma solução didática para promover a participação ativa dos alunos. Por isso, acreditamos que esse é um desafio para um rico trabalho futuro e que poderia ser mais desenvolvido com a participação das outras disciplinas.

Vale destacar, contudo, que houve algumas consequências no ambiente escolar que não foram planejadas previamente.

A primeira foi a participação livre e espontânea da professora de Língua Portuguesa, que, ao ver a riqueza dos cartazes sobre a Lua expostos nas paredes das salas, iniciou as aulas do bimestre seguinte pedindo aos alunos a redação de poemas sobre a Lua.

Esse fato nos mostra que mesmo uma intervenção pontual, em algumas aulas de uma disciplina, pode movimentar outras partes do sistema escolar e ressoar em pontos que não haviam sido considerados. A professora de Língua

Portuguesa se engajou na proposta ao reconhecer o envolvimento dos alunos e a qualidade dos trabalhos por eles produzidos.

Outro fato bastante curioso foi a participação e premiação dos alunos do nono ano na Olimpíada Brasileira de Astronomia. Embora a escola participe da competição a anos, no ano de nossa intervenção, um mês após o seu término, foi primeiro que os alunos foram contemplados com medalhas, uma de prata e seis de bronze. Evidente que não estamos atribuindo essa premiação à nossa intervenção, mas acreditamos que ela foi responsável ao menos por gerar um sentimento de motivação para participação.

Ou seja, se do ponto de vista cultural entendemos que a intervenção foi limitada por não explorar mais as facetas do conceito de Lua, os dois últimos acontecimentos mostram que houve mobilizações em outras dimensões, como sentimentos, emoções e engajamentos.

Enfim, entendemos que houve um encaminhamento do trabalho com o conceito-atividade nessa perspectiva mais abrangente, e que ele chegou até os alunos na sala de aula, mas que precisa de alguns ajustes principalmente no campo pedagógico. Precisamos principalmente elaborar uma maneira de tornar a discussão cultural manejável e ativa para os alunos, além de mais tempo no calendário ou espaço no currículo pela inclusão de outras disciplinas.

4.3 A guisa de conclusão – Conceitos e formação de conceitos

Após longa jornada pelos caminhos nunca caminhados, chega-se a ora de vermos as pegadas deixadas. Nesta seção pretendo comentar sobre minha compreensão sobre conceitos e sugerir algumas implicações.

Vamos primeiro ao título da dissertação, uma brincadeira entre as fases da Lua e as faces de um conceito. As fases da Lua foram somente um mote para discutirmos como os conceitos têm origem nas atividades e por isso são entidades que podemos qualifica-las como dinâmicas, amorfas, controversas e multifacetadas. Espero que os tópicos e episódios discutidos no segundo capítulo, sobre a origem do conceito de Lua, possam ter ajudado a fundamentar essa proposição. Das qualidades destacadas, gosto da ideia do multifacetados, uma representação a qual nunca conheceremos sua forma final, pois não alcançamos todas as suas facetas, pois cada uma delas se manifesta por uma

concretização do movimento do conhecimento humano. Desse fluir histórico, os conceitos são elaborados e reelaborados, concretizando-se de diferentes formas em diferentes atividades. Sem tensão, controvérsia ou debates, não há necessidade de elaboração conceitual, bastar seguir....

Uma imagem que pode ilustrar nossa compreensão de um conceito é uma tela abstrata, tal como a apresentada abaixo.



Figura 4.1: Representação de um conceito.

Essa representação pode ser considerada como infinita e ilimitada, se imaginarmos que se amplia no espaço, em todas as direções. Não é possível determinar ao certo quantas formas e cores existem, ou em quantas regiões podemos separar. Elas não são bem definidas. Existem regiões mais estáveis, algumas mais vermelhas, outras mais amarelas ou verdes, não há fronteiras definitivas. Existem regiões de completa confusão. As regiões poderiam ser interpretadas como atividades.

Essa relação complexa de conceitos-atividades na atribuição de sentidos pode ser mais bem enquadrada quando analisamos um conceito segundo três dimensões: epistemológica, ontológica e axiológica. Cada dimensão se refere,

respectivamente, às seguintes perguntas: como eu conheço o conceito? O que é o conceito? Qual o valor e fim do conceito?

No caso da Lua, podemos conhecê-la olhando-a no céu, por lunetas e telescópios, por livros ou por meio de viagens espaciais. A Lua pode ser muitas coisas, uma almofada, instrumento musical ou parte do campo de futebol. Pode ser um orbe celeste ou uma deusa chinesa. As finalidades da Lua são diversas, por exemplo, pode servir para namorar ao luar ou para ganhar uma medalha de condecoração, podemos usá-la para pescar, corta o cabelo, talvez inspirar o próprio corte, ou ainda para sair-se bem em uma avaliação escolar.



Figura 4.2: As dimensões do conceito de Lua.

A composição dessas dimensões na/pela atividade edifica o sentido de Lua. Por exemplo, ela terá sentidos diferentes para um aluno que aprende Lua por meio do livro didático escolar, para fazer uma prova; ou para um cientista que a observa, a entende como satélite natural da Terra para ser astronauta e ser reconhecido publicamente.

Todas essas representações tiveram origem em atividades humanas e somente têm sentido dentro delas. A questão é conhecer as atividades (e as relações) as quais o conceito se refere, e imaginar uma escola como o lugar da diversidade de conceitos-atividade.

Referências Bibliográficas

- AFONSO, G. B. (2009) Astronomia indígena. **Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC - Manaus**, AM - julho. Disponível em:
<http://www.sbpnet.org.br/livro/61ra/conferencias/CO_GermanoAfonso.pdf>.
Acesso em: 26 out. 2013.
- AFONSO, G. B. (2013) **As Constelações indígenas brasileiras**. Disponível em:
<<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/indigenas.pdf> >. Acesso em: 26 out. 2013.
- AMARAL, P. & OLIVEIRA, C. E. Q. V. (2011) Astronomia nos livros didáticos de Ciências - Uma análise do PNLD 2008. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA (12)**: 31-55.
- ARISTÓTELES. **On the heavens**, Book II, Chapter 14. Trad. Stocks, J. L. Disponível em:
<<http://www.logoslibrary.org/aristotle/heavens/214.html>> Acesso em: 26 out. 2013.
- AUFSCHNAITER, C. von & ROGGE, C. (2010) Misconceptions or missing conceptions? **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education 6(1)**: 3-18.
- AZERI, S. (2013) Conceptual cognitive organs: Toward an historical-materialist theory of scientific knowledge. **Philosophia** DOI 10.1007/s11406-013-9460-3.
- BAILEY, J. M. & SLATER, T. F. (2004) A review of Astronomy education research. **The Astronomy Education Review 2 (2)**: 20-45.
- BAXTER, J. H. (1989) Children's understanding of familiar astronomical events. **International Journal of Science Education 11**: 502-513.
- BENACCHIO, L. (2001) The importance of the moon in teaching Astronomy at the primary school. **Earth, Moon and Planets 85-86**: 51-60.
- BISCH, S. M. (1998) **Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. (Tese de doutorado) Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo(USP), São Paulo.
- BLUNDEM, A. (2011) – lista de discussão da revista **Mind, Culture and Activity**. Disponível em:
< xmca - http://lchc.ucsd.edu/MCA/Mail/xmcamail.2011_06.dir/msg00072.html>
Acesso em: 26 out. 2013.

- BRETONES, P. S. & MEGID N. J. (2005) Tendências de teses e dissertações sobre educação em Astronomia no Brasil. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira** **24 (2)**: 35-43.
- BRETONES, P. S. & MEGID N. J. (2011) An analysis of papers on Astronomy Education in proceedings of IAU meetings from 1988 to 2006. **Astronomy Education Review** **10(1)**: 10.
- BOGDAN, R. & BIKLEN, S. (1994) Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. In: **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora.
- CARDOSO, W. T. (2007) **O céu dos Tukano na escolar Yupuri: construindo um calendário dinâmico**. (Tese de Doutorado) Pontifícia Universidade Católica (PUC), São Paulo.
- CALANAIS STONE. **History of calanais stones**. Disponível em: <<http://www.callanishvisitorcentre.co.uk/index.php/features/history-of-calanais-stones>>. Acesso em: 26 out. 2013.
- CALLISON, P. L. & WRIGHT, E. L. (1993) The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teacher's conceptions about Earth-Sun-Moon relations. **Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta**.
- CAMINO, N. (1995) Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. **Ensenanza de las Ciencias** **13(1)**: 81-96.
- CANALLE, J. B.; TREVISAN, R. H. & LATTARI, C. J. (1997) Análise do conteúdo de Astronomia de livros de Geografia de 1º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** **14 (3)**: 254-263 - dez.
- CHALMERS, A. F. (1994) **A fabricação da ciência**. São Paulo: Fundação Editora UNESP.
- CHAPMAN, A. (2008) Thomas Harriot: the first telescopic astronomer. **Journal of the British Astronomical Association** **118(6)**:315-325.
- CURD, P. (2011) "**Anaxagoras**" **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. ZALTA, E. N. (ed.), Fall Edition. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/anaxagoras/>>. Acesso em: 26 out. 2013.
- D'ABBEVILLE, C. (1614) **Histoire de la mission des pères capucins en l'isle de Marignan et terres circonvoisines où est traicté des singularitez admirables , des moeursmerveilleuses des indiens habitans de ce pais** ([Reprod.]) par le R. P. Claude d'Abbeville, prédicateur capucin.

- DANIELS, H.(2003) **Vygotsky e a Pedagogia**. São Paulo: Loyola.
- DA VINCI, L. (1880a) **The notebooks of Leonardo da Vinci**. Jean P. Richter (Ed.). Disponível em:
<<http://www.fromoldbooks.org/Richter-NotebooksOfLeonardo/section-14/item-896.html>> Acesso em: 26 out. 2013.
- DA VINCI, L. (1880b) **The notebooks of Leonardo da Vinci**. Jean P. Richter (Ed.). Disponível em:
<<http://www.fromoldbooks.org/Richter-NotebooksOfLeonardo/section-14/item-897.html>> Acesso em: 26 out. 2013.
- DA VINCI, L. (1880c) **The notebooks of Leonardo da Vinci**. Jean P. Richter (Ed.). Disponível em:
<<http://www.fromoldbooks.org/Richter-NotebooksOfLeonardo/section-14/item-906.html>> Acesso em: 26 out. 2013.
- DA VINCI, L. (1880d) **The notebooks of Leonardo da Vinci**. Jean P. Richter (Ed.). Disponível em:
<<http://www.fromoldbooks.org/Richter-NotebooksOfLeonardo/section-14/item-904.htm>> Acesso em: 26 out. 2013.
- DAVIDOV, V. V. & RADZIKHOVSKII, L.A. (1985). Vygostki's theory and the activity-oriented approach in psychology. In: Wertsch, J. V. (ed.). **Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives**. Nova York: Cambridge University Press.
- DAVYDOV, V. V. (1990) **Soviet studies in mathematics education volume 2: Types of generalization in instruction- logical and psychological problems in the structuring of school curricula**. Reston Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- DAVYDOV, V. V. (1998) The concept of development teaching. **Journal of Russian and East European Psychology** 36(4):11-36.
- DAVYDOV, V.V. (1999) What is real in teaching activity? In: HEDEGAARD & LOMPSCHER (eds). **Introduction. Learning activity and development**. Aarhus, Denmark : Aarhus University Press.
- DELIZOICON, D.; ANGOTTI, J.A. & PERNAMBUCO, M. M. (2002) **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez.
- DURRELL, L. (1960) **Clea**. New York: Penguin Books.
- ELIADE, M. (2002) **Tratado de história das religiões**. São Paulo: Wmf Martins Fontes.

- ENGESTRÖM, Y. (1987) **Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research**. Helsink: Orienta-konsultit.
- ENGESTRÖM, Y. (1990) Student's conceptions and textbook presentations of the movement of the moon: A study in the manufacture of misconceptions. In: **Learning, working and imagining**. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- ENGESTRÖM, Y. (1991) Non Scale sed vitae discimus: Towards overcoming the encapsulation of school learning. **Learning and Instruction 1**:243–259.
- ENGESTRÖM, Y. (1999) Activity theory and individual and social transformation. In: ENGESTRÖM, Y.; MIETTINEM, R. & PUNAMAKI, R. L. **Perspectives on activity theory**. Cambridge/Nova York: Cambridge University Press.
- ENGESTRÖM, Y.; PASANEN, A.; TOIVIAINEN, H. & HAAVISTO, V. (2005) Expansive learning as collaborative concept formation at work. In: YAMAZUMI, K.; ENGESTRÖM, Y & DANIELS, H. (Eds.) **New learning challenges: Going beyond the industrial age system of school and work**. Osaka: Kansai University Press.
- ENGESTRÖM, Y. & SANNINO, A. (2010) Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review 5 (1)**: 1–24.
- FEYERABEND, P. (2007) **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP.
- GALILEI, L. (1610) **The starry messenger**. Disponível em:
< <http://people.rit.edu/wlrgsh/Galileo.pdf> > Acesso em: 26 out. 2013.
- GUERRA, F. H. (2010) O denso e raro debate das irregularidades da superfície da Lua. **A Parte Rei. Revista de Filosofia 71**-sep.
- GIGLI, R. (1995) **Galileo's theory of the tides**. Disponível em:
< <http://galileo.rice.edu/sci/observations/tides.html> >. Acesso em: 26 out. 2013.
- GÓES, M. C. R. & CRUZ, M. N. (2006) Sentido, significado e conceito: notas sobre as contribuições de Lev Vigotski. **Pro-Posições 17(2)**: 31-45.
- HEDEGAARD, M. (2007) The development of children's conceptual relation to the world, with a focus on concept formation in pre-school children's activity. In: DANIELS, H.; COLE, M. & WERTSCH, J.V.(eds.) **The Cambridge companion to Vygotsky**. Cambridge: Cambridge University Press.
- HOLTON, G. (1998) **A cultura científica e seus inimigos**. Lisboa: Gradiva.
- HOSOUME, Y.; LEITE, C. & DEL CARLO, S. (2010) Ensino de Astronomia no Brasil - 1850 a 1951 - Um olhar pelo Colégio Pedro II. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências 12 (2)**: 189-204.

- IACHEL, G.; LANGHI, R. & SCALVI, R. M. F. (2008) Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno das fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA (5)**: 25-37.
- JAFELICE L. C. (org.) (2010) **Astronomia, educação e cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino**. Natal: Ed. UFRN.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1980) Mental models in cognitive science. **Cognitive science** 4:71-115.
- JOBBS, S. (2005) **Discurso de paraninfo na Universidade de Stanford**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=yplX3pYWIPo>>. Acesso em: 26 out. 2013.
- KALKAN, H. & KIROGLU, K. (2007) Science and non science students' ideas about basic Astronomy concepts in preservice training for elementary school teachers. **The Astronomy Education Review** 6 (1):15-24.
- KARTTUNEN, H.; KRÖGER, P.; OJA, H.; POUTANEN, M. & DONNER, K. J. (2003) **Fundamental Astronomy**. New York: Springer Berlin Heidelberg.
- KAVANAGH, C.; AGAN, L. & SNEIDER, C. (2005) Learning about phases of the Moon and Eclipses: A guide for teachers and curriculum developers. **The Astronomy Education Review** 4(1):19-52.
- KELLEY, D. & MILONE, E. (2011) **Exploring ancient skies: A survey of ancient and cultural Astronomy**. New York: Springer.
- KIKAS, E. (1998). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. **Learning and Instruction** 8(5): 439-454.
- KNELLER, G. (1978) **Introdução à filosofia da educação**. Rio de Janeiro: Zahar.
- KRINER, A. (2004) Las fases de la luna, ¿Cómo y cuándo enseñarlas? Phases of the moon: how and when teach them? **Ciência & Educação** 10(1):111-120.
- KRUPP, E. C. (2003) **Echoes of the ancient Skies: The Astronomy of lost civilizations**. Mineola, USA: Dover Publications.
- LAFLEUR, C. (2010) Costs of US piloted programs. **The Space Review**. Disponível em: <<http://www.thespacereview.com/article/1579/1>>. Acesso em: 29 out. 2013
- LANGHI, R. & NARDI, R. (2007) Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** 24(1): 87-111.

- LANGHI, R. (2009) **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores.** (Tese de Doutorado) Faculdade de Ciências: Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), Bauru.
- LEITE, C. (2006) **Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade.** (Tese de Doutorado) Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- LEITE, C. (2002) **Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia.** (Dissertação de Mestrado). Instituto de Física e Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- LELLIOTT, A. & ROLLNICK, M. (2010) Big Ideas: A review of Astronomy education research 1974-2008. **International Journal of Science Education** **32(13)**:1771-1799.
- LEONTIEV, A. N. (1978) **O desenvolvimento do psiquismo.** Lisboa: Livros horizonte.
- LEONTIEV A. N. (1981) The problem of activity in psychology. In: **The concept of activity in soviet psychology.** WERTSCH, J. (trad.). New York: M.E. Sharpe.
- LEONTIEV, A. N. (1991) Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKI, L. S., LURIA, A. R., LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem.** São Paulo: Ícone.
- LEONTIEV, A. N. (1992) On Vygotsky's creative development. In: **The collected works of L.S. Vygotsky** - Preface to Volume 3. New York: Plenum Press.
- LEONTIEV, A. N. (2009) **Activity, consciousness.** Pacifica, CA: Marxists Internet Archive. Disponível em: < <https://www.marxists.org/archive/leontev/works/activity-consciousness.pdf>> Acesso em: 26 out. 2013.
- LIBÂNIO, J. C. (2004) A Didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação** **27**: dez. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782004000300002> > Acesso em: 26 out. 2013.
- LIMA, F. P. & FIGUEIRÔA, S. F. M. (2010) Etnoastronomia no Brasil: a contribuição de Charles Frederick Hartt e José Vieira Couto de Magalhães. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas** **5(2)**: 295-313.
- LOMPSCHER, J. & HEDEGAARD, M. (1999) Introduction. In: HEDEGAARD & LOMPSCHER (eds) **Learning activity and development.** Aarhus, Denmark : Aarhus University Press.

- MALUF, V. J. (2000) **A Terra no espaço: a desconstrução do objeto real na construção do objeto científico**. (Dissertação de Mestrado) Instituto de Educação: Universidade Federal de Mato Grosso.
- MARRONE, J. R. & TREVISAN, R. H. (2009) Um perfil da pesquisa em ensino de Astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física 26(3)**: 547-574.
- MATTOS, C. R. (2010) O ABC da Ciência. In: GARCIA, N. M. D.; HIGA, I.; ZIMMERMANN, E.; SILVA, C. C. & MARTINS, A. F. P. (Org.). **A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. 1ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física.
- MINICK, N. (2002) O desenvolvimento do pensamento de Vygotsky: uma introdução a *Thinking and Speech* (Pensamento e Linguagem). In: DANIELS, H. **Vygotsky e a pedagogia**. São Paulo: Edições Loyla.
- MORTIMER, E. F. (2000) **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- MORISON, I. (2008) **Introduction to Astronomy and Cosmology**. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- MOURAO, R. (1987) **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- MULHOLLAND, J. & GINNS, I. (2008) College MOON Project Australia: Pre service teachers learning about the Moon's phases. **Research in Science Education 38**: 385-399.
- NARDI, R. & GATTI, S. R. T. (2004) Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências 6(2)**. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/82/1081>> Acesso em: 29 out. 2013.
- NESSERIAN, N. (2012) Modeling Practices in conceptual innovation: Na ethnographic study of a neural engineering research laboratory. In: FEEST, U. & STEINLE, F. (eds.) **Scientific concepts and investigative practice**. Berlin: DeGruyter.
- NEVES, M. C. D. & SILVA, J. A. P. (2010) **Da Lua pós-copernicana: a relação ciência-arte de Galileo e Cigoli no Renascimento**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- NUSSBAUM, J. (1979) Children's conceptions of the Earth as a cosmic body: A cross age study. **Science Education 63(1)**: 83-93.

- OLIVEIRA, M. K. (1992). Vygotsky e o processo de formação de conceitos. In: LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K. & DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus.
- OLIVEIRA, M. K. (1999) Três Questões sobre Desenvolvimento Conceitual. In: OLIVEIRA, M. B. & OLIVEIRA, M. K. (orgs.) **Investigações Cognitivas: Conceitos, Linguagem e Cultura**. Porto Alegre: Editora Artmed.
- OLIVEIRA, M. K. (2000) **Vygotsky - Aprendizado e Desenvolvimento**. São Paulo: Scipione.
- OLIVEIRA, K. S. & SARAIVA, M. F. O. (2004) **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- OSTROW, F. S. (1996) Cigoli's *Immacolata* and Galileo's Moon: Astronomy and the virgin in early seicento Rome. **The Art Bulletin** **78(2)**: 218-235.
- PARKER, J. & HEYWOOD, D. (1998) The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. **International Journal of Science Education** **20 (5)**: 503-520.
- PENÃ, B. M. & QUILEZ, M. J. G. (2001) The importance of images in Astronomy education. **International Journal of Science Education** **23(11)**:1125-1135.
- PLUMMER, J. D. & ZAHM, V. M. (2010) Covering the standards: Astronomy teachers' preparation and beliefs. **Astronomy Education Review**. Disponível em: <<http://scitation.aip.org/content/aas/journal/aer/9/1/10.3847/AER2009077>> Acesso em: 29 out. 2013.
- PLUTARCO (2010) **Obras morais. Sobre a face visível no orbe da Lua**. MOTA, B. (trad.). Universidade de Coimbra. Disponível em: <https://bdigital.sib.uc.pt/jspui/bitstream/123456789/36/3/sobre_a_face_visivel_no_orbe_da_lua.pdf> Acesso em: 29 out. 2013.
- POPOVIĆ, M. (2012) **Network transmissions of scholarly knowledge between Babylonians and Jews**. CRASIS Annual Meeting 2012. Disponível em: <http://www.rug.nl/research/centre-for-religious-studies/research-institutes/crisis/crisis/popovic_network_transmissions_of_scholarly_knowledge_between_babylonians_and_jews.pdf> Acesso em: 29 out. 2013.
- REAVES, G. & PEDRETTI, C. (1987) Leonardo Da-Vinci- Drawings of the surface features of the Moon. **Journal for the History of Astronomy** **18(1)**: 55. Disponível em: <<http://articles.adsabs.harvard.edu//full/1987JHA....18...55R/0000055.000.html>> Acesso em: 29 out. 2013.

- REGO, T. C. (1995) **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 6ed. Petrópolis,RJ: Vozes.
- RESNICK, L. B. (1987) Learning in school and out. **Educational researcher** **16(9)**: 13-20 - dec.
- RILKE, R. M. (s/d) **Poemas e cartas a um jovem poeta**. Rio de Janeiro: Ediouro.
- ROTH, W. M. (1995). **Authentic school science: knowing and learning in open-inquiry science laboratories**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- ROTH, W-M.; LEE, Y. J. & HWANG, S. W. (2008) Culturing conceptions: from first principles. **Cultural Studies of Science Education** **3(2)**: 231–261.
- SADLER, P. M. (1992) **The initial knowledge state of high school Astronomy students**. (Tese de doutorado) Graduate School of Education of Harvard University.
- SANTOS, F. P. (2011) **O conceito de generalização a partir de um olhar dialético-complexo sobre o modelo de perfil conceitual**. (Dissertação de Mestrado) USP, São Paulo.
- SANTOS, F. P. P. & MATTOS, C. R. (2010) O Conceito de Generalização Explorando os Limites do Modelo de Perfil Conceitual. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2010, Águas de Lindóia. **Atas XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** **1**: 1-12. São Paulo: SBF.
- SARAIVA, M. F. O.; AMADOR, C.B.; KEMPER,E.; GOULART, P. & MULLER, A. (2007) As fases da Lua numa caixa de papelão. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA** **4**: 9-26.
- SCARINCI, A. L. & PACCA, J. L. A. (2006) Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física** **28(1)**: 89-99.
- SELIN, H. (2000) **Astronomy across cultures: the history of non-western Astronomy**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- SHERROD, S, E. & WILHELM, J. (2009) A study of how classroom dialogue facilitates the development of geometric spatial concepts related to understanding the cause of Moon phases. **International Journal of Science Education** **31(7)**:873-894.
- SLATER, T. (2008) The first big wave of Astronomy education research: Dissertations and some directions for future research efforts. **The Astronomy Education Review** **7(1)**:1-12.

- SOBREIRA, P. H. A. (2006) **Cosmografia geográfica: a astronomia no ensino de Geografia**. (Tese de Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas: Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- SOLER, D. R. (2012) **Astronomia no currículo do estado de São Paulo e nos PCN: um olhar para o tema da observação do céu**. (Dissertação de mestrado) Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- STAHLY, L.; KROCKOVER, G. H. & SHEPARDSON, D. P. (1999) Third grade students' ideas about the lunar. **Journal of Research In Science Teaching** **36 (2)**: 159-177.
- STARAKIS, J. & HALKIA, K. (2010) Primary school students' ideas concerning the apparent movement of the moon. **The Astronomy Education Review** **9(1)**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3847/AER2010007>> Acesso em: 29 out. 2013.
- TREVISAN, R. H. & PUZZO, D. (2006) **Fases da Lua e eclipses: concepções alternativas presentes em professores de Ciências de 5ª série do ensino fundamental**. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.
- TRUNDLE, K.C.; ATWOOD, R. K.; CHRISTOPHER, R. K. & SACKES, M. (2010) The effect of guided inquiry-based instruction on middle school students' understanding of lunar concepts. **Research in Science Education** **40(3)**:451-478.
- VEER, R. van der & VALSINER, J. (1991) **Vygotsky, uma síntese**. São Paulo: Edições Loyola.
- VEER, R. van der & VALSINER, J. (1994) **The Vygotsky reader**. 1ed. Oxford: Wiley-Blackwell.
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W. F. (1992) Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. **Cognitive Psychology** **24**: 535–585.
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W. F. (1994) Mental models of the day/night cycle. **Cognitive Science** **18**: 123-183.
- VYGOTSKY, L. S. (1991) Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R & LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 3ed. São Paulo: Ícone.
- VYGOTSKY, L. S. (1998a) **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6ed. São Paulo: Martins Fontes.
- VYGOTSKY, L. S. (1998b) **Pensamento e Linguagem**. 2ed. São Paulo: Martins Fontes.
- VYGOTSKY, L. S. (1998c) Development of thinking and formation of concepts on the adolescent . In: **The collected works of L.S. Vygotsky**. Vol. 5. WERTSCH, J. (trad.). New York: Plenum.

VYGOTSKY, L. S. (2009) **A construção do pensamento e da linguagem**. 2ed. São Paulo: WMF Martins Fontes.

VYGOTSKY, L. S. (2010) Desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos na idade escolar. In: VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: WMF Martins Fontes.

WENGER, E. (1998) **Communities of practice: learning, meaning, and identity**. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

WERTSCH, J. V. (1985) **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ANEXO 1
Análise do questionário respondido
por alunos universitários

Análise do questionário respondido por alunos universitários

Introdução

Na literatura encontramos uma farta quantidade de trabalhos que se prestaram a levantar as concepções prévias de alunos de diversos segmentos de ensino, com relação aos fenômenos astronômicos.

Em particular, existem trabalhos em que o foco de pesquisa recaiu sobre as concepções prévias dos modelos explicativos das fases da Lua. Embora esse fenômeno astronômico seja cotidiano, bastante perceptível e presente na cultura popular, pesquisas indicam que os indivíduos não conseguem formular uma resposta satisfatória quando inquiridos sobre sua causa e mostram não ter compreensão dos fatores relevantes para esta explicação. Pode-se dizer que talvez seja um dos eventos de mais difícil compreensão.

Em geral, os trabalhos de levantamento das concepções prévias tentam compreender o modelo explicativo empregado pelos sujeitos pela análise das respostas que redigem para perguntas de um determinado questionário ou em entrevistas clínicas. No primeiro caso, os dados são construídos pelo pesquisador por meio de categorias estabelecidas *a posteriori* que reúnem os modelos mais semelhantes. No segundo caso, o pesquisador interage com o respondente, pedindo por justificativas ou indicando contradições.

Em alguns casos, a metodologia que emprega o uso de questionários não permite a determinação clara e precisa dos modelos elaborados pelos sujeitos porque as respostas dadas para a explicação das fases da Lua são confusas e/ou incompletas. Nestes casos, para melhor compreensão dos modelos, aconselha-se adotar uma metodologia que prevê a realização de entrevistas, momento em que é possível fazer uma investigação mais detalhada; explicitar contradições no raciocínio desenvolvido, fomentar outras reflexões e analisar cada explicação e argumento na interação discursiva com o entrevistador.

No caso do modelo explicativo mais utilizado pelos respondentes para a ocorrência das fases da Lua, todos os trabalhos que analisamos apontam que o mais frequente é o que recorre à projeção da sombra da Terra na superfície

lunar. Destacamos que este modelo é correto quando aplicado para explicação dos eclipses lunares. Nestes raros eventos, em uma noite de Lua Cheia, a sombra da Terra se projeta contra a superfície lunar alterando a sua aparência ao longo das 4 a 6 horas seguintes.

Com objetivo de também “olharmos” para estes dados e modelos “espontâneos”, elaboramos um questionário para a investigação de sujeitos que passaram por toda escolarização e atualmente são universitários de umas das mais concorridas instituições do país. Assim, este trabalho analisa as construções de sujeitos que tem um raciocínio lógico-formal maduro.

Materiais e métodos

Aplicamos o questionário (apresentado no final deste anexo) a alunos de graduação da Universidade de São Paulo, dos terceiros e quartos anos de três cursos: Economia (FEA), Ciências Sociais (FFLCH) e Licenciatura em Física (IF). Esses alunos têm mais de 20 anos e passaram pelo exame de seleção do vestibular.

A construção do nosso questionário foi inspirada no artigo de Engeström (1990), que tentou produzir um “conflito cognitivo” nos respondentes ao pedir a explicação do fenômeno das fases da Lua e do eclipse da Lua. Em nosso estudo, as cinco primeiras questões do questionário versavam sobre as fases da Lua e sobre sua observação no céu. A partir da sexta questão inserimos o evento do eclipse lunar, em que pedimos a explicação do fenômeno, a sua frequência e uma comparação explícita com o modelo das fases da Lua. Nossa expectativa era que ao explicar sobre o eclipse, o respondente pudesse refletir melhor sobre os modelos e apontar alguma incoerência na explicação anterior, caso tivesse utilizado a sombra da Terra aplicada às fases da Lua.

Para a validação, os questionários foram aplicados em uma sala de um curso popular preparatório para o vestibular, ou seja, com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas do município de São Paulo. Por ser uma proposta social financiada pelo terceiro setor, os alunos que frequentavam o curso eram selecionados segundo prova e entrevista. Os questionários foram respondidos por cerca de trinta alunos.

De maneira geral notamos que a explicação correta das fases da Lua é extremamente complexa e poucos alunos conseguiram fornecer uma resposta completa. Outro aspecto que destacamos foi a grande quantidade de conceitos não relevantes que foram mobilizados para elaboração do modelo explicativo, como a inclinação do eixo de rotação da Terra, seu movimento de translação, e a posição do observador na Terra. A partir desse dado, elaboramos a última questão como uma lista de conceitos que deveriam ser marcados se fossem importantes para a explicação. Muitos alunos, entre 30% e 50%, dependendo da questão não respondeu às questões ou respondeu que não sabiam. Tal como no trabalho do finlandês, não houve a percepção do conflito por parte dos alunos que usaram o mesmo modelo para explicar as fases e os eclipses da Lua. As repostas para a oitava questão, sobre a diferença entre os fenômenos das fases e eclipses, também foram ora confusas e ora genéricas, sendo parecidas as explicações dadas aos dois fenômenos.

Os dados desta pilotagem mostraram que não podemos esperar por respostas bem elaboradas e detalhadas a ponto de permitir alguma verificação sobre o efeito da explicitação nominal do fenômeno ou mesmo sobre o conflito do uso do mesmo modelo para dois fenômenos.

Após alguns ajustes no questionário, como reelaboração de questões para maior clarificação e reorganização de algumas delas, nossa intenção foi dar a oportunidade ao sujeito de responder várias vezes sobre as fases da Lua, com a expectativa que pudesse modelizar e descrever seu pensamento com precisão.

A versão final do questionário constou de dez questões, sendo as três primeiras para explicar o mecanismo das fases da Lua, outras três questões versavam sobre a prática da observação, as duas questões seguintes eram sobre eclipse, uma questão sobre o aprendizado e a última para assinalarem os atributos físicos relevantes para a ocorrência das fases da Lua. Como dissemos, aplicamos o questionário para alunos universitários de três diferentes.

Resultados

Os resultados não dependem fortemente do curso e estão de acordo com o obtido em outros trabalhos na literatura. Poucos alunos, cerca de 15%, redigem uma resposta clara e correta, sendo 17% dos alunos da Física e 7% dos alunos do curso de Economia.

Considerando respostas parcialmente corretas, isto é, que mencionaram a posição relativa e a iluminação dos astros, mas que deixaram dúvidas ou incorreções, o número de respostas aceitáveis aumenta consideravelmente, em cerca de 20%, para os cursos de Economia e Sociologia. Para estes dois cursos, consideramos que 30% dos alunos podem “potencialmente” fornecer um modelo científico para as fases da Lua. Nestes casos, apesar de não encontrarmos uma incorreção no modelo elaborado, as respostas não permitiram apreender o modelo utilizado ou como os alunos resolveriam alguns conflitos que poderia aparecer. Nesta categoria estão as respostas de alguns alunos do curso de Sociologia que argumentaram que a “parte escura da Lua é uma região que não é iluminada pela luz do Sol”. Essa resposta está correta, contudo não é possível determinar qual o motivo da não iluminação, se é uma sombra da Terra ou da própria Lua. Somente 20% dos alunos da Física se enquadram nesta categoria.

A maior parte das respostas aponta o uso de um modelo incorreto, a sombra da Terra, aproximadamente 40% para os cursos de Física e Sociologia e 65% para Economia. Sobre a sombra da Terra, 48% dos respondentes a aponta **explicitamente** como causa das fases da Lua.

Parte dos alunos (15%) não respondeu o questionário ou o fizeram de maneira muito sucinta que não foi possível inferir o modelo utilizado. Por fim, enquanto uma parte considerável (22%) dos alunos da licenciatura em Física construiu modelos alternativos, não encontramos essa categoria para os alunos do curso de Economia. Ou seja, mesmo tendo a preferência pelos conteúdos sendo as Ciências Naturais, os alunos da licenciatura em Física elaboraram modelos mais livres e com menos rigor astronômico.

Tabela A1: Categorias para a explicação das fases da Lua.

Tabulação com os resultados dos questionários			
Categorias	IF	FEA	FFLCH
Correto <i>posição relativa + iluminação</i>	4	2	6
Parcialmente correto <i>posição relativa</i>	1	5	9
Incorreto <i>posição relativa e iluminação erradas</i>	9	19	15
Não respondeu <i>resposta ausente e/ou muito sucinta</i>	5	3	6
Modelo alternativo <i>modelos ou elementos não científicos</i>	4	0	2
Total	23	29	38
Sombra da Terra <i>explicitou em alguma resposta</i>	9 (40%)	19 (65%)	14 (39%)

Analisando as notas de cortes da primeira fase destes cursos, supondo a entrada no processo seletivo de 2008, 30 pontos para licenciatura em Física, 49 para Ciências Sociais e 61 para Economia, podemos relacionar os nossos dados com alguns aspectos do processo de escolarização dos alunos. Pela falta de dados comprobatórios e bases metodológicas, tome as próximas linhas como ideias iniciais para investigação.

Supondo existir uma correlação positiva entre as notas de corte dos cursos na primeira fase do exame vestibular e os anos de educação formal e tradicional, podemos pensar que, em média, os alunos do curso de Economia passaram por escolas e cursos pré-vestibulares tradicionais com ênfase na transmissão de informação. Os alunos dos cursos de Sociais e Física, por outro lado, devem provavelmente, serem provenientes de escolas públicas, técnicas ou de um ensino menos formal. Essa maior liberdade pode explicar a diferença no número de modelos alternativos ou modelos-jargões, construção mental que os alunos elaboram associando fragmentos de um ensino compartimentalizado e com base em definições.

Questionário sobre concepções de conceitos astronômicos

Leonardo Lago e Cristiano Mattos

O presente questionário tem função de tomada de dados para uma pesquisa de mestrado em Ensino de Física. Sua identidade não será divulgada e suas respostas serão utilizadas de forma sigilosa, única e exclusivamente para análise nesta pesquisa, não sendo divulgados para qualquer outra finalidade.

Nome (opcional): _____ Idade: _____

Curso: _____ Semestre: _____

1) Você tem o costume de olhar para a Lua?

 Sim, muito, com uma frequência diária. Mais ou menos, pelo menos uma vez por semana. Não, pouco, cerca de uma vez por mês.

2) **DESCREVA** o fenômeno das fases da Lua. Procure descrever **como você observa/observou** a ocorrência das fases da Lua. Caso não se lembre de suas observações descreva como você imagina que o fenômeno ocorra.

3) **EXPLIQUE** o fenômeno das fases da Lua. Procure deixar clara qual a **causa** da ocorrência das fases da Lua. Faça uma breve redação e um desenho esquemático.

4) Quando olhamos para a Lua, em algumas de suas fases, não a vemos totalmente pois parte dela é escura, como mostra a imagem exemplo ao lado. O que **causa** essa parte escura? (Faça uma breve redação e um desenho esquemático que ajude a compreender a explicação)



5) Responda brevemente as questões abaixo:

a) A Lua pode mudar de fase ao longo de um mês? Como?

b) A Lua pode mudar de fase ao longo de uma mesma noite? Como?

c) É possível ver a Lua de dia? _____ (Sim/Não)

d) É possível ver a Lua cheia durante o dia? _____ (Sim/Não)

e) É possível ver a Lua crescente durante a noite? _____ (Sim/Não)

f) É possível ver a Lua crescente durante toda a noite? _____ (Sim/Não)

6) Durante um eclipse lunar, vê-se a Lua Cheia ficando lentamente escurecida. No ponto máximo do eclipse a Lua fica totalmente escurecida, logo após começa a retornar à sua aparência anterior, a de Lua Cheia. Esse evento completo transcorre por cerca de quatro a cinco horas.

Como você **EXPLICA** esse fenômeno? (Faça uma breve redação e um desenho esquemático que ajude a compreender a explicação).

7) Considerando sua resposta do item (6) com que frequência ocorreria um eclipse da Lua?

8) Existe alguma diferença na **explicação** entre os fenômenos das fases da Lua e do eclipse da Lua?

9) Você se lembra **quando** e **como** aprendeu sobre os fenômenos das fases da Lua e do eclipse?

10) Quais dos atributos abaixo podemos considerar relevantes para a explicação da ocorrência das fases da Lua?

- | | |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> rotação da Terra | <input type="checkbox"/> iluminação do Sol na Lua |
| <input type="checkbox"/> translação da Terra | <input type="checkbox"/> alinhamento Sol, Terra e Lua |
| <input type="checkbox"/> inclinação do eixo da Terra | <input type="checkbox"/> posição relativa do Sol, Terra e Lua |
| <input type="checkbox"/> posição da pessoa sobre a Terra | <input type="checkbox"/> a Lua ser esférica |
| <input type="checkbox"/> rotação da Lua | <input type="checkbox"/> a Terra ser esférica |
| <input type="checkbox"/> translação da Lua | <input type="checkbox"/> outras (citar) _____ |

ANEXO 2
Análise dos livros didáticos

Análise dos livros didáticos

Introdução

Os livros didáticos no Brasil são tidos como um dos principais elementos balizadores da prática escolar, sendo, em muitos casos a única fonte de estudo do professor e de exercícios para os alunos. Pela própria natureza do livro didático, ser geral e linear, isto é, atender a uma realidade padrão média por meio de uma sucessão de informações, o seu uso de maneira acrítica acaba por promover uma abordagem tradicional do ensino, tendo como centro o discurso do professor e a passividade dos alunos.

Apesar da grande quantidade de estudos sobre o livro didático, no que se refere aos conteúdos de Astronomia, a maior parte dos trabalhos versa somente sobre os erros ou imprecisões conceituais. Poucos estudos trazem uma reflexão sobre a distribuição ou a forma como os conteúdos são apresentados ou fazem ainda uma análise textual e iconográfica rigorosa.

No levantamento bibliográfico não encontramos nenhum trabalho que tenha investigado a apresentação das fases nos livros didáticos da educação básica. De maneira geral os artigos científicos reportam erros nas figuras dos livros - escala de tamanho, de distância e na inclinação da órbita da Lua com relação à eclíptica.

Neste cenário, em que o livro didático tem forte influência na educação básica, mesmo sendo um instrumento limitado e portador de erros conceituais, se faz importante para nossa pesquisa apropriar-se deste recurso.

Assim, buscando possíveis relações entre a confusão dos modelos explicativos mobilizados pelos sujeitos e o ensino do fenômeno das fases da Lua, nesta etapa da pesquisa propomos analisar como este conteúdo é apresentado nos livros didáticos.

Materiais e métodos

A amostra de livros analisada foi montada com base no acervo do Banco de Dados LIVRES – Livros Escolares Brasileiros (1810 – 2005) – que contém aproximadamente 10 000 exemplares cadastrados. Em algumas tardes de pesquisa, abrindo e procurando pelo conteúdo de fases da Lua em todos os

livros da estante da biblioteca, selecionamos 52 livros didáticos de Ciências e Física dos últimos trinta anos. Para cada segmento do sistema educacional as coleções analisadas foram numeradas sequencialmente. Em nossa pesquisa encontramos algumas coleções didáticas que não apresentavam o conteúdo sobre as fases da Lua, esses livros não foram analisados.

Nosso objetivo não era procurar e apontar erros e imprecisões conceituais que poderiam ser a fonte da confusão na compreensão das fases da Lua, mas levantar as formas que o fenômeno é apresentado didaticamente e que recursos são mobilizados. A expectativa era encontrar um excessivo número de livros com abordagem superficial e esquemas imprecisos, além de não estimularem a prática observacional ou proporem atividades investigativas de construção de modelos.

O trabalho seguinte foi a análise e a construção de categorias descritivas - a *posteriori* - que ilustrassem a **forma de apresentação** do conteúdo. Para cada uma delas explicitamos os seus atributos relevantes.

Destacamos que nosso intuito na análise dos livros didáticos é conhecer o “caldo” cultural em que alunos e professor estão imersos e possível fonte para a reprodução das explicações científicas. Neste sentido, acreditamos que a carência de referencial teórico ou metodológico de análise não compromete os resultados que obtivemos. O processo de análise se assemelhou com o de uma análise textual discursiva, no sentido da apropriação dos modos de expressão de um fenômeno pelo pesquisador.

Resultados

Para cada segmento da Educação Básica que analisamos, construímos um conjunto de três ou quatro categorias que mostram uma evolução na complexidade no estudo do fenômeno. Ou seja, enquanto as primeiras categorias apresentam o fenômeno de forma simplificada, somente com a menção da mudança da aparência da Lua ao longo de um mês, as categorias mais elaboradas mostram o modelo TSL a partir da perspectiva heliocêntrica e com a inclinação da órbita lunar em relação à terrestre. Todos os livros que se dedicam à explicação textual do fenômeno versam sobre a porção visível da

face iluminada da Lua para o observador. Nas categorias mais simples não existem atividades de observação ou modelização.

Não encontramos nenhum livro que apresenta o modelo em escala, no máximo as figuras são acompanhadas de textos que avisam sobre o problema ou sobre as cores fictícias. A escala em questão, entre os tamanhos da Terra e da Lua (4:1) e da distância ente elas (120:1), apesar de difícil, não é impossível de ser representada em uma página de um livro e sua ilustração, pelo menos como atividade proposta favorece a apreensão das condições do fenômeno.

Os livros que optaram por apresentar o tema de maneira mais complexa citam e/ou ilustram a inclinação de cerca de 5° da órbita lunar em relação ao plano da órbita da Terra. Contudo, na maioria dos livros que analisamos, este fato é citado sem problematização e ilustrado juntamente com outros desenhos que tomam as órbitas como coplanares, apresentação que pouco contribui para compreensão e diferenciação dos atributos relevantes dos fenômenos. Analise a sequência abaixo:

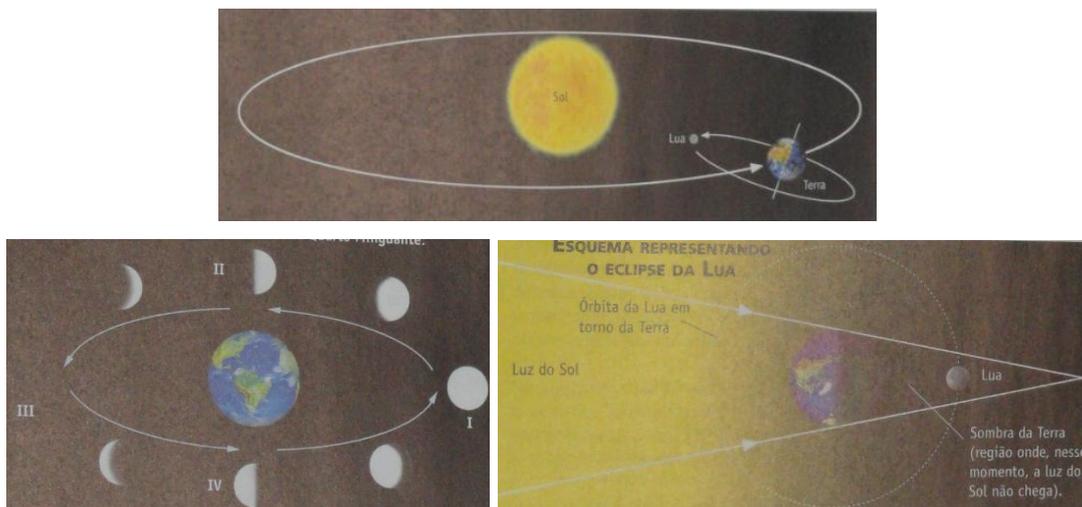


Figura A2.1: Desenhos do livro **Ciências – entendendo a natureza**, de César, Sezar e Bedaque, 2008. O segundo desenho é particularmente problemático, não há indicação da direção do Sol e a perspectiva da visualização da Terra não é equivalente à da órbita lunar.

Muito importante destacar que as explicações sobre os **eclipses** utilizam esquemas e fotografias **muito similares** aos utilizados para as **fases** da Lua. Além disso, os livros apresentam ambos os fenômenos na sequência um do outro, e sem problematização. Os esquemas abaixo, retirados do mesmo livro didático destinado ao Ensino médio, são particularmente problemáticos pois

não deixam claro o motivo para considerar ou não a projeção da sombra da Terra sobre a Lua Cheia. As dimensões estão fora de escala e as órbitas nos dois casos são coplanares.

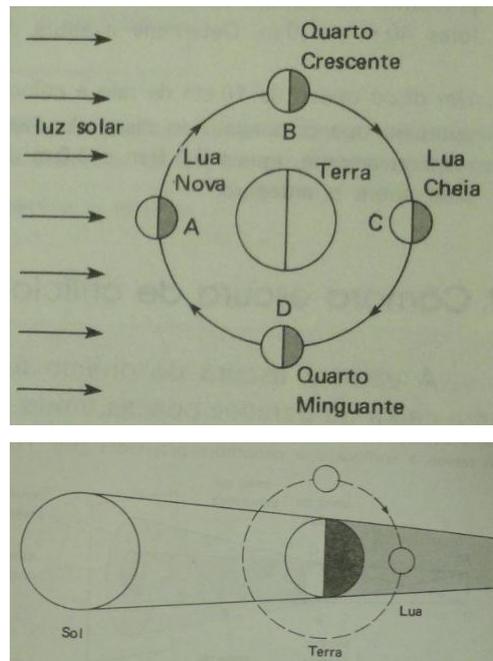


Figura A2.2: Desenhos do livro **Física Clássica, óptica e ondas**, de Calçada e Sampaio, 1985.

A seguir descrevemos as características elaboradas para as formas de apresentação do fenômeno das fases da Lua encontradas dos livros didáticos de cada segmento da Educação Básica, a saber: Ensino Fundamental I, Ensino Fundamental II e o Ensino Médio. Em cada tópico há uma breve apresentação geral seguida da descrição das categorias com o número do livro em nossa amostra, o ano de sua publicação e um exemplo retirado de um deles.

Fundamental I

Nesta etapa da escolarização (alunos entre 6 e 10 anos de idade), foram analisadas 17 coleções. Em geral a apresentação das fases da Lua ocorre no volume destinado ao 3º ano (2ª série). Nesse espaço, a Lua é apresentada como o satélite natural da Terra e astro iluminado. Também é comum encontrar as características físicas do satélite e informações sobre a conquista da Lua.

Em três livros, em geral antigos, existem atividades com sombras e com dramatizações dos movimentos da Terra e da Lua, e não há menção aos eclipses. Não há atividades investigativas, de observação ou de simulação nos livros pesquisados. Os livros 1 e 2 não apresentaram as fases da Lua.

Categoria 1 – Descrição do fenômeno (DF)

Simple menção sobre a alteração da aparência da Lua quando vista por um observador na Terra. Em alguns casos pode haver uma breve modelização sobre a revolução lunar com um esquema identifica a Lua orbitando em uma posição em torno da Terra com ou sem a presença do Sol. Nesse modelo as fases da Lua não são problematizadas.

Essa amostra contém **6 livros**: 3 (1992); 6 (1992); 8 (1980); 15 (1976); 18 (2008); 19 (1994).

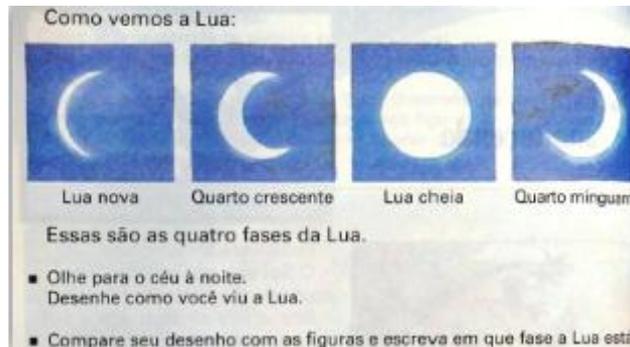


Figura A2.3: **Aprendendo Ciências**, Demétrio Gowdak e Pitty Vassoler, 1992.

Categoria 2 – Modelo de iluminação (MI)

Além da menção sobre a alteração da aparência da Lua quando vista por um observador na Terra, os livros desta categoria incluem uma ênfase na explicação da iluminação da Lua, que reflete a luz do Sol. Nesse caso, um esquema mostra a Lua em órbita da Terra e refletindo a luz do Sol.

Essa amostra contém **3 livros**: 4 (1995); 7 (1993); 14 (1980);



Figura A2.4: **Ciências: fazendo - criando - aprendendo**, Ana Maria Figueiredo, 1992.

Categoria 3 – Modelo com perspectiva heliocêntrica (MH)

Nessa categoria agrupamos os livros que apresentaram a explicação das fases com base modelo de revolução lunar, nesse caso é apresentado um esquema mostra a Lua em órbita da Terra em quatro posições diferentes. Não há ênfase no processo de iluminação do astro.

Essa amostra contém **6 livros**: 9 (1990); 10 (1999); 11 (2ª e 4ª séries, (1991); 12 (2ª e 4ª series, (2001); 16 (1978); 17 (1º e 2º anos (2008)

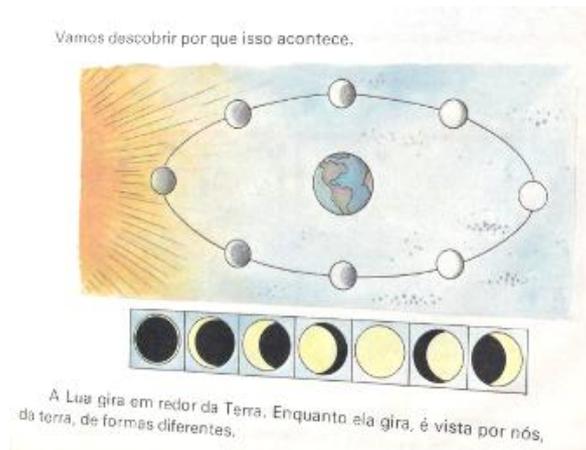


Figura A2.5: **Nós e a natureza**, Maria Angela Valim da Silveira, 1979.

Categoria 4 – Modelo de iluminação e perspectiva heliocêntrica (MIH)

Nesta categoria os livros além da mencionarem a alteração da aparência da Lua quando vista por um observador, apresentam também um modelo de iluminação e um modelo de revolução lunar. Nesse caso, existem esquemas com a Lua em órbita da Terra, em quatro posições, e refletindo a luz do Sol.

Essa amostra contém **2 livros**: 5 (1997); 13 (1979).

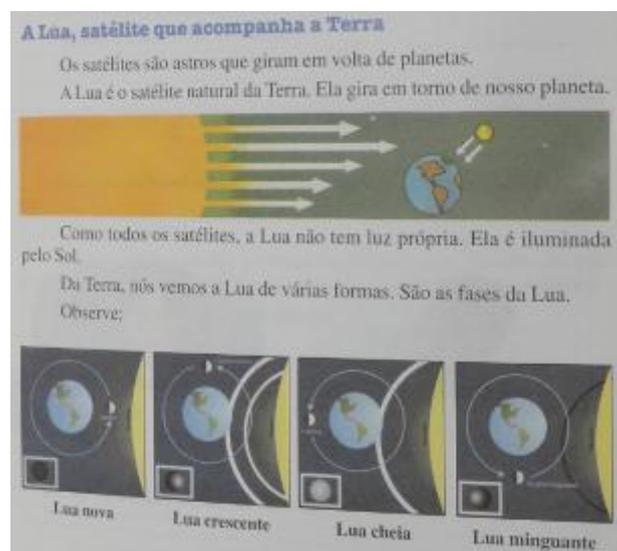


Figura A2.6: **Ciências, Coleção Marcha Criança**, Maria Teresa e outros, 1997.

Todos os exemplos anteriores apresentam problemas conceituais, seja por apresentar na fase Quarto Crescente a linha do terminador curva, linha que separa a região iluminada da região não iluminada, ou por apresentar todos os desenhos fora de escala de tamanho e distância. Não há menção sobre a inclinação da órbita da Lua em relação a órbita da Terra, e não discutem a alteração da aparência da Lua Quarto crescente e Quarto minguante, que são iguais quando vista da perspectiva heliocêntrica e invertidas quando observadas da superfície da Terra.

Em um dos livros encontramos a bizarra configuração do Sol entre a Terra e a Lua.



Figura A2.7: **Ciências, Coleção Quero Aprender**, Carlos Barros, 1995.

Fundamental II

A amostra de livros desta etapa da escolarização (alunos entre 11 e 14 anos de idade) consta de 20 coleções. Em geral a apresentação das fases da Lua aparece no volume destinado ao 6º ano (5ª série) podendo variar, em poucos casos, para o 9º ano (8ª série). Nestas obras a Lua é apresentada como o satélite natural da Terra e astro iluminado, apresentam algumas características físicas do satélite e informações sobre a conquista da Lua com maiores detalhes.

A maioria apresenta o modelo explicativo a partir da perspectiva heliocêntrica, sem problematizar a alteração da aparência da Lua para um observador na Terra. Verifica-se o desaparecimento da ênfase na iluminação da Lua e a explicação dos eclipses, seguidos das fases da Lua, em todos os livros.

Categoria 1 - Descrição do fenômeno (DF)

Nestes livros há ênfase na descrição e apreensão do fenômeno, isto é, na alteração da aparência da Lua ao longo do mês. Em geral os livros exemplares mostram uma sequência de imagens ou calendário mostrando a variação da aparência lunar. Em alguns casos pode haver uma simples modelização sobre a revolução lunar, nesse caso um esquema identifica a Lua orbitando a Terra em uma determinada posição com ou sem a presença do Sol.

Essa amostra contém **4 livros**: 3 (2006); 6 (1995); 7 (2004); 10 (2006)



Figura A2.8: **Ciências e Educação ambiental**, Daniel Cruz, 2004.

Categoria 2 - Modelo com perspectiva heliocêntrica (MH)

Nesta categoria, os livros têm pouca ênfase na descrição e apreensão do fenômeno, e apresentam diretamente o modelo com a revolução lunar. Nesse caso, um esquema mostra a Lua em órbita da Terra em quatro posições diferentes e a forma como sua aparência é observada em cada posição, mas não discute-se a inversão entre as Luas Quarto-crescente e Quarto-minguante.

Essa amostra contém **7 livros**: 2 (2002); 9 (2006); 11 (2006); 12 (1999); 13 (2002); 14 (2005); 20 (2006)

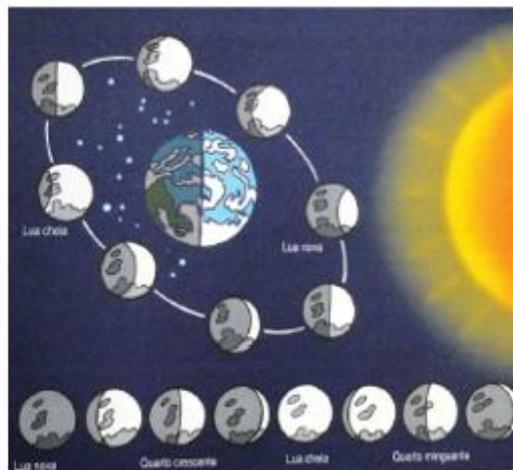


Figura A2.9: **Ciências, Coleção Mosaico do conhecimento**, Silvia Czajkowski e outros, 2006.

Categoria 3 - Descrição do fenômeno com modelo com perspectiva heliocêntrica (FM)

A abordagem destes livros discute com relativa profundidade a alteração da aparência da Lua quando vista por um observador na Terra utilizando o calendário e a noção de mês e semanas, para, a seguir, apresentar o modelo explicativo de revolução lunar. Nesse caso, um esquema mostra a Lua em órbita da Terra em quatro posições diferentes, em alguns casos com a sua órbita inclinada.

Essa amostra contém **4 livros**: 4 (2006); 17 (2009); 18 (2009); 19 (1999)

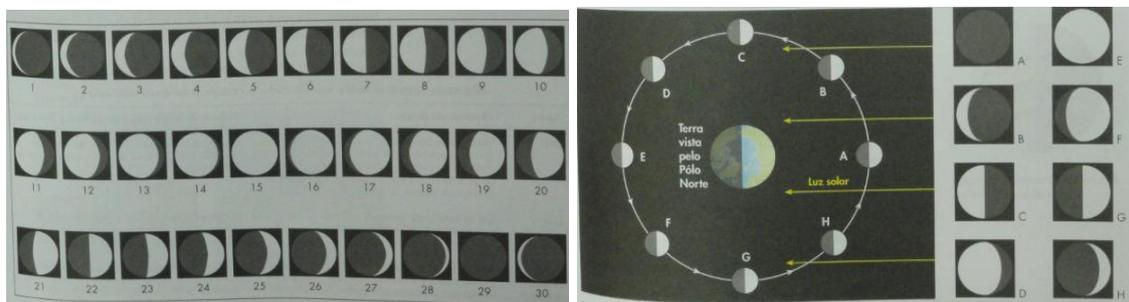


Figura A2.10: **Ciências Naturais: aprendendo com o cotidiano**, Eduardo Canto, 2002.

Categoria 4 – Modelo e simulação ou investigação (MS)

Nesta categoria, o conteúdo sobre as fases da Lua é mais bem trabalhado, partindo da alteração da aparência da Lua quando vista por um observador na Terra e a apresentação do modelo explicativo de revolução lunar, tal como a categoria anterior. Contudo, os livros desta seção preveem, em algum momento, uma atividade de simulação ou investigação sobre o modelo.

Essa amostra contém **5 livros**: 5 (2006); 8 (2001); 18 (2006); 15 (2006); 16 (2002)



Figura A2.11: **Ciências Naturais**, Olga Santana e Aníbal Fonseca, 2006.

Ensino Médio

Foram analisados 15 livros do Ensino Médio (alunos com idade entre 15 e 17 anos), dos quais a maioria não apresenta as fases da Lua no conteúdo programático. Todos os livros que analisamos partem da apresentação do fenômeno dos eclipses no volume destinado à 2ª série, na Unidade de Óptica,

durante o tratamento da propagação retilínea da luz. Não aparece qualquer discussão do fenômeno, modelo de iluminação ou atividade de simulação, é uma simples aplicação. Também não trazem detalhes das características físicas do satélite e informações sobre a conquista da Lua. Existem livros que apresentam o modelo explicativo das fases da Lua, nestes casos como seção complementar, e posterior à apresentação do eclipse.

Categoria 1 – Eclipse (EC)

Nestes livros encontramos somente a menção simplificada da ocorrência dos eclipses, sem discussão do fenômeno ou apresentação das fases da Lua.

Essa amostra contém **11 livros**: 1 (1993); 2 (1985); 3 (1998); 5 (1994); 7 (1992); 8 (1982); 11 (1984); 12 (1984); 13 (1982); 14 (1990); 15 (1985).



Figura A2.12: **Temas de Física**, Bonjorno e Clinton, 1998.

Categoria 2 – Eclipse e fases da Lua (EF)

Esta categoria comporta os livros que mencionam a ocorrência dos eclipses sem discussão do fenômeno, tal como a categoria anterior, porém, de maneira complementar, apresentam as fases da Lua, também sem discussão do fenômeno. Nesse caso, um esquema que mostra a Lua em órbita da Terra em quatro posições diferentes.

Essa amostra contém **2 livros**: 4 (1985); 6 (1994)

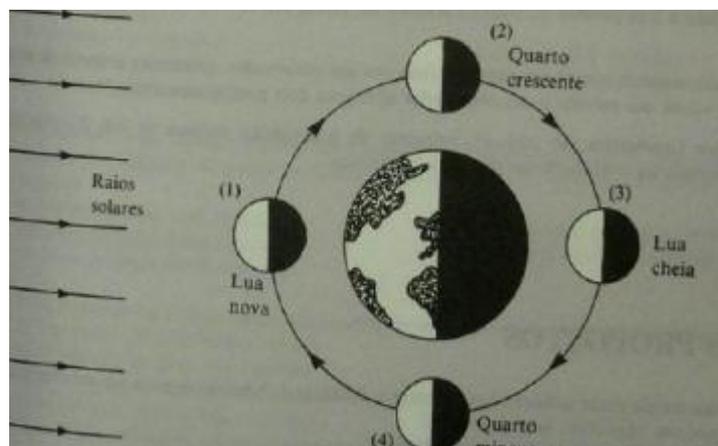


Figura A2.13: **Os Fundamentos da Física**, Ramalho, Nicolau e Toledo, 1994.

Categoria 3 - Eclipse e fases da Lua elaborada (EE)

Por fim, encontramos dois livros que mesmo após a menção da ocorrência dos eclipses sem a sua discussão apropriada, a posterior apresentação das fases da Lua é um pouco mais elaborada, com perspectiva tridimensional, mostrando o plano orbital da Lua inclinado com relação à eclíptica.

Essa amostra contém **2 livros**: 9 (2000); 10 (2000).

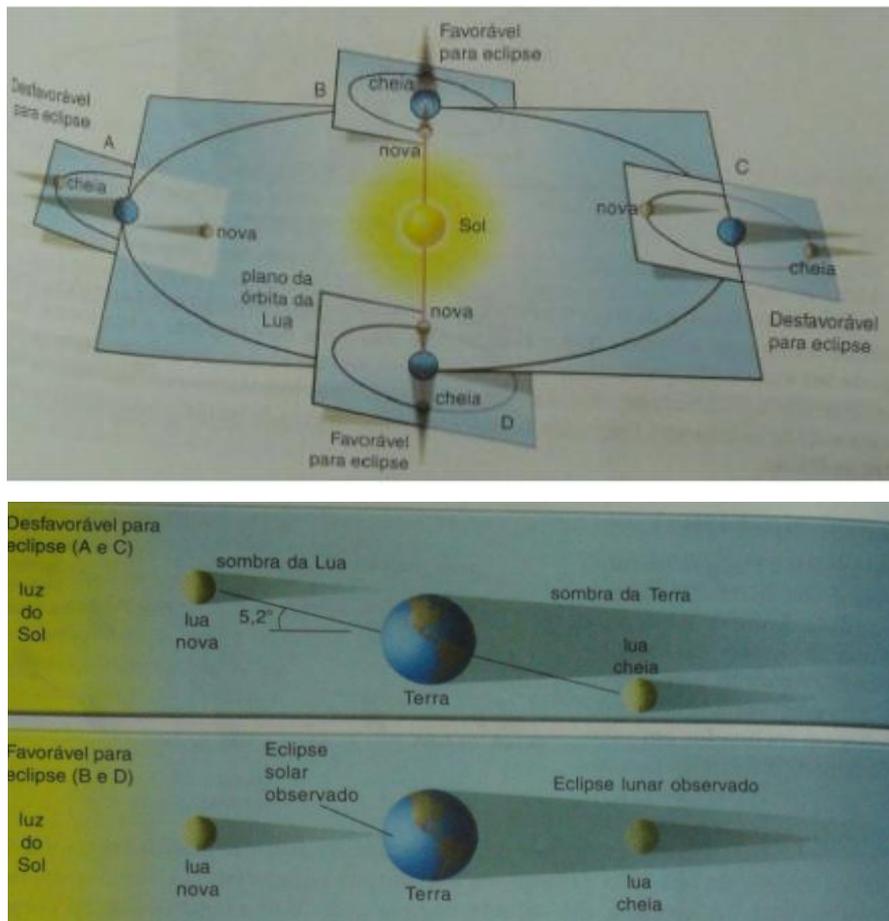


Figura A2.14: **Universo da Física**, Sampaio e Calçada, 2001.

Destacamos que não existe nenhuma atividade de observação do céu, ou de simulação com modelos físicos. Também não apresenta dados técnicos dos fenômenos, como a duração e a ocorrência dos eventos.

Por ser uma explicação complexa, que envolve uma abstração espacial, o fenômeno das fases da Lua poderia ser mais bem trabalhado justamente neste segmento escolar, contudo, a pragmática do vestibular implícita na concepção destes livros não estuda o fenômeno.

A distribuição do número de exemplares em cada categoria e para cada segmento encontra-se no histograma a seguir: Por meio dele, podemos notar que a frequência dos livros do Ensino Fundamental apresenta uma distribuição relativamente uniforme entre as categorias, sendo que no primeiro segmento há uma maior quantidade para os livros (70%) que apenas citam o fenômeno (1-DF) ou apresentam o modelo de maneira sucinta (3-MH).

Apesar dos livros do segundo segmento caminharem para uma maior problematização do fenômeno, havendo um maior cuidado na descrição inicial do assunto (1-DF e 3-FM), a maior parte das obras (35%) apresenta o modelo com a perspectiva da revolução lunar diretamente (2-MH). Mesmo assim, encontramos um bom número de exemplares que propõem atividades de modelização (4-MS).

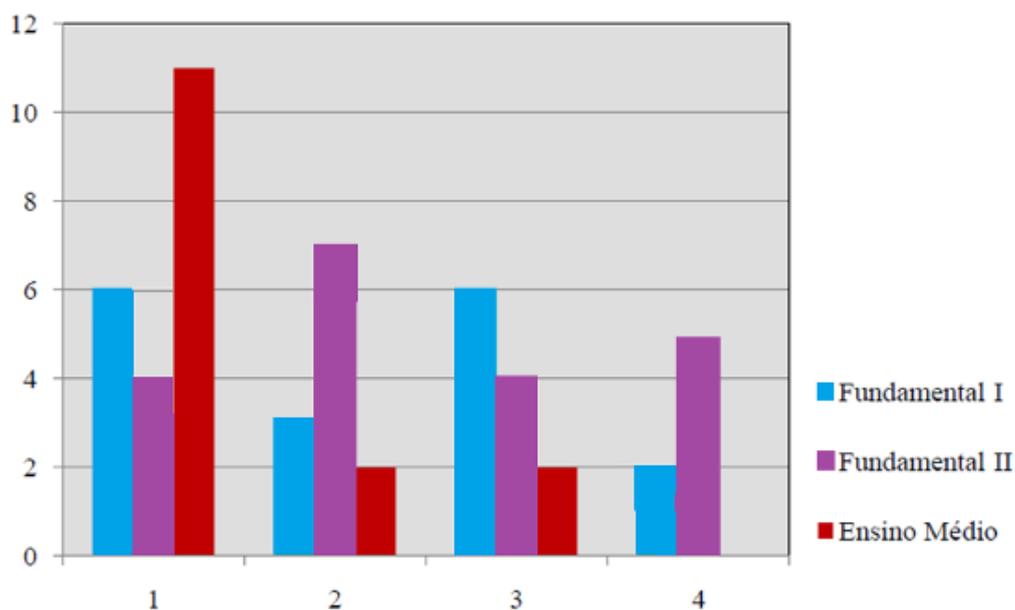


Figura A2.15: Histograma com a frequência das categorias elaboradas a partir da análise dos livros didáticos para os três segmentos da Educação Básica.

Considerando a preparação dos alunos para os exames de vestibulares, podemos dizer que os livros textos do Ensino Médio deixam o estudo do fenômeno para enfatizar aplicações idealizadas dos princípios físicos. Como resultado, a enorme parte dos livros (75%) sequer apresentam as fases da Lua.

A imersão neste espaço de construção de conhecimento e atribuição de sentidos que é o livro didático permitiu apropriarmos dos modos de expressão do fenômeno das fases da Lua, que, podemos supor com alguma certeza ser

os modos de ensino nas salas de aulas brasileiras. De maneira geral, os livros não demandam mais do que cinco ou seis páginas para apresentar o conteúdo com cerca de meia dúzia de imagens que não respeitam a escala de tamanho ou distâncias dos astros, a tridimensionalidade e não avisam sobre perspectiva de visualização. Os dois exemplos de esquemas a seguir são os mais comuns.

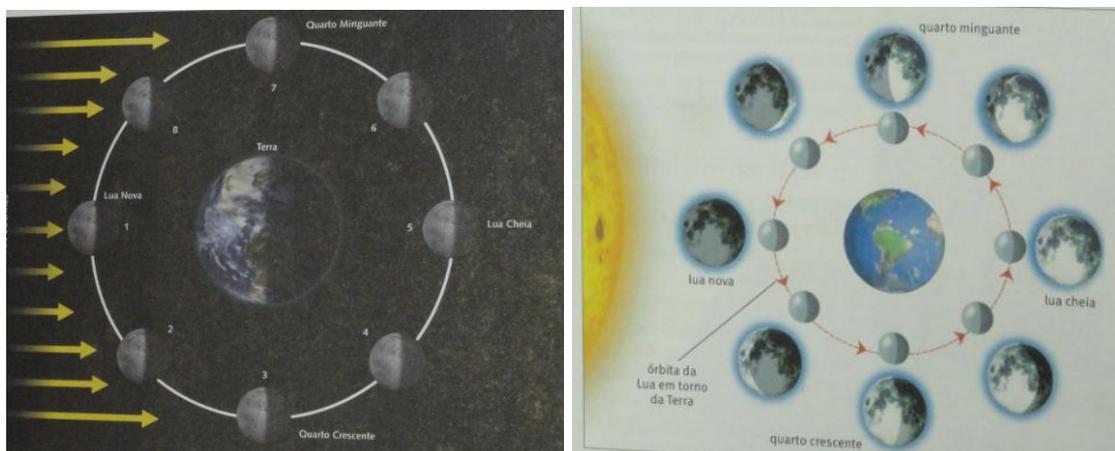


Figura A2.16: **Ciências, Projeto Araribá**, 2007 e **Ciências: o meio ambiente**, Carlos Barros e Wilson Paulino, 2006.

Pelas suas características intrínsecas, um livro texto sem a proposição de atividades de observação, simulação ou modelização, favorece um ensino com base na transmissão de informação. Dessa maneira, não é surpreendente a confusão dos indivíduos quando solicitados a elaborarem um modelo para a ocorrência das fases da Lua.

ANEXO 3
Carta de Apresentação



Apresentação

Eu Leonardo Gonçalves Lago, mestrando do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Física) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, juntamente com meu orientador Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos, venho apresentar e convidar o **Colégio Estadual de Vila** a participar do projeto de pesquisa: **Lua, fases e facetas de um conceito**.

A literatura acadêmica aponta que as fases da Lua, apesar de um evento cotidiano, é um fenômeno de difícil explicação por parte da maioria dos sujeitos. Quando solicitadas a explicar a parte escurecida de uma Lua Crescente, por exemplo, a maior parte das pessoas aponta como causa a sombra da Terra, modelo que estaria correto se fosse para explicar o eclipse da Lua, e não suas fases.

Com o objetivo de agregar maior significado ao fenômeno lunar, elaboramos uma sequência de aulas que começa pela observação sistemática do astro por quinze dias, e o registro de sua aparência e posição do céu. Após a sequência de observação, a ênfase passa a ser o sistema Terra-Lua, em que propomos o trabalho com modelos concretos – bolas de material reciclável e lanterna – em escala e em simulações. Por fim, para ilustrar como este conhecimento é dinâmico, analisamos teorias e registros antigos que contam parte da evolução histórica do conceito de Lua. A proposta também abre espaço para o envolvimento dos pais e familiares.

A proposta contempla os conteúdos do planejamento do professor José Luis Ortega, colega e integrante do mesmo grupo de pesquisa.

Para a obtenção dos dados de pesquisa, seria de extrema importância a minha presença nas salas de aulas do professor José Luis Ortega e a gravação em vídeo e áudio de algumas dessas aulas. Encaminhamos anexo o “Termo de livre consentimento” que será distribuído aos estudantes, solicitando a ciência dos responsáveis e a garantia de que nenhuma informação pessoal será divulgada pública ou comercialmente e que todos os dados coletados terão função única e exclusiva para a pesquisa acadêmica.

Enfatizamos que o projeto não traz qualquer custo para a instituição e que forneceremos os materiais necessários para a sua consecução.

Agradeço a atenção e estou a disposição para resolver quaisquer dúvidas sobre o projeto e a participação dos alunos.

Leonardo Lago

Leonardo Gonçalves Lago. Tel: (11) 9 9192 0992– email: lago@usp.br
Cristiano Rodrigues de Mattos. Tel: (11) 3091 7077 – email: mattos@if.usp.br

Instituto de Física
Rua do Matão, Travessa R, 187. CEP 05508-900 Cidade Universitária, São Paulo - Brasil
Caixa Postal 66318 CEP 05315-970 Fax (55) (11) 3814-0503

ANEXO 4
Termo de consentimento livre esclarecido



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu Leonardo Gonçalves Lago, mestrando do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Física) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, juntamente com meu orientador Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos (Professor do Instituto de Física da USP), convidamos os alunos do **[REDACTED]** a participar de uma pesquisa na área de Ensino de Física, que tem como objetivo compreender como os alunos interagem entre si, e com o professor, quando trabalham em grupo nas aulas de ciências.

Nosso projeto de pesquisa possui o seguinte título: **Lua, fases e facetas de um conceito**, e versa sobre o ensino de conteúdos de Astronomia. Para atingirmos nosso objetivo será necessário gravar em vídeo e áudio algumas das aulas de Ciências, ministradas pelo Professor José Luis Ortega, durante o primeiro bimestre de 2013.

Na divulgação do material coletado nesta pesquisa, cujo fim é exclusivo para a pesquisa acadêmica e não para fins comerciais, nenhuma informação pessoal que possa identificar os participantes da pesquisa será pública. Entretanto, é necessária uma autorização de pelo um dos responsáveis pelo aluno para o uso do material para a realização da pesquisa.

Enfatizamos, mais uma vez, que as identidades e dados pessoais serão omitidos de qualquer comunicação pública dos resultados da pesquisa.

Você está recebendo, junto a este termo de consentimento, uma cópia deste termo onde consta o endereço institucional, endereço eletrônico e telefone dos pesquisadores, podendo tirar qualquer dúvida sobre o projeto ou sobre sua participação nele, agora ou a qualquer outro momento.

São Paulo 15 de fevereiro de 2013

Pesquisadores:

Leonardo Gonçalves Lago. Tel: (11) 9 9192 0992– email: lago@usp.br

Cristiano Rodrigues de Mattos. Tel: (11) 3091 7077 – email: mattos@if.usp.br

Instituto de Física

Rua do Matão, Travessa R, 187. CEP 05508-900 Cidade Universitária, São Paulo - Brasil
Caixa Postal 66318 CEP 05315-970 Fax (55) (11) 3814-0503



Declaração

Declaro ter sido informado sobre os objetivos do Projeto de Pesquisa “Lua, fases e facetas de um conceito”, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Autorizo a gravação em vídeo e áudio das aulas e a divulgação do material em meios acadêmicos, com a preservação da identidade e dados pessoais.

Data: ___/___/___

Assinatura do aluno: _____

Nome do aluno (por extenso):

Assinatura do Responsável: _____

Nome do Responsável (por extenso):

Para mais informações contatar os pesquisadores:

Leonardo Gonçalves Lago. Tel: (11) 9 9192 0992 – *email*: lago@usp.br

Cristiano Rodrigues de Mattos. Tel: (11) 3091 7077 – *email*: mattos@if.usp.br

Instituto de Física

Rua do Matão, Travessa R, 187. CEP 05508-900 Cidade Universitária, São Paulo - Brasil
Caixa Postal 66318 CEP 05315-970 Fax (55) (11) 3814-0503

ANEXO 5

Atividade sobre o conhecimento cotidiano sobre a Lua

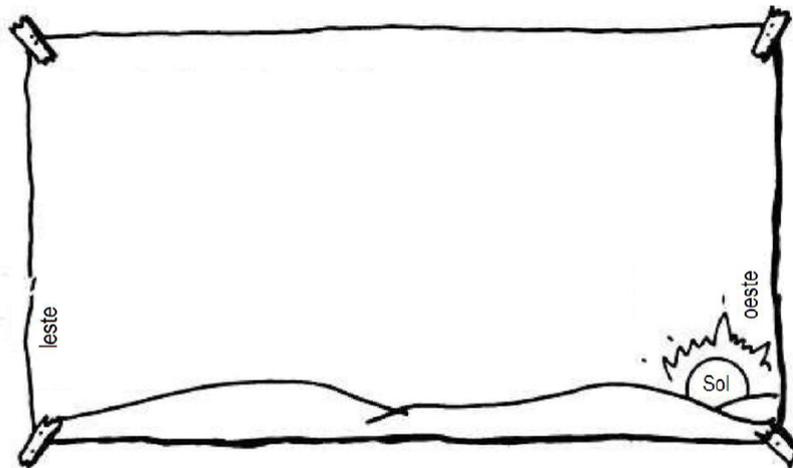
ATIVIDADE

Registro do conhecimento cotidiano sobre a Lua

1) Observação da Lua (início: 10/02 - domingo)

Nos próximos quinze dias observem e registrem, sempre no mesmo desenho, a **forma** e a **posição** da Lua no céu. Faça os registros sempre no mesmo local e sempre no mesmo horário, às 18h00, logo depois do pôr do Sol.

Para isto façam um desenho do horizonte, utilizando casas, prédios e árvores como pontos de referência e a cada dia, façam uma representação de onde e como a Lua parece no céu. O desenho abaixo é somente um modelo.



2) O que as pessoas sabem sobre a Lua

O objetivo desta atividade é conhecer o que as pessoas sabem sobre a Lua. Para isto, entrevistem dois adultos de sua família ou próximos a você. Tente escolher duas pessoas com grande diferença de idade ou que moram em diferentes lugares. Não se esqueça de anotar o nome, idade, e a atividade de cada entrevistado. Para registrar as respostas, você pode utilizar um gravador (celular) ou escrever as ideias principais enquanto conversam com eles. Nesta entrevista vocês podem perguntar, por exemplo:

- Com que frequência você observa a Lua no céu?
- A Lua aparece no céu todas as noites? Ela muda de aparência durante uma mesma noite?
- Qual a importância da Lua para você? Ela tem alguma influência na sua vida?
- E na Terra, qual a influência da Lua sobre o nosso planeta?

ANEXO 6

Atividade sobre a diferença na aparência de um corpo iluminado com relação a posição do observador

Atividade em grupo

Série: _____

Nome: _____ n.º: _____

Nome: _____ n.º: _____

Nome: _____ n.º: _____

Nome: _____ n.º: _____

1) Quando olhamos para a Lua, algumas vezes não a vemos totalmente porque parte dela está escura. Como você **explica** a causa dessa parte escura? (faça uma breve redação e um desenho esquemático)



2) Dentro da caixa há uma bola iluminada por uma lanterna. Como você acha que observará a bola a partir destes pontos?

1	2	3	4
5	6	7	8

3) Observe o interior da caixa. Como é a aparência da bola em cada posição?

1	2	3	4
5	6	7	8

4) Como você explica a mudança na aparência da bola?.

ANEXO 7

Atividade sobre a modelização das fases da Lua

Atividade em grupo

Série: _____

Nome: _____ n.º: _____

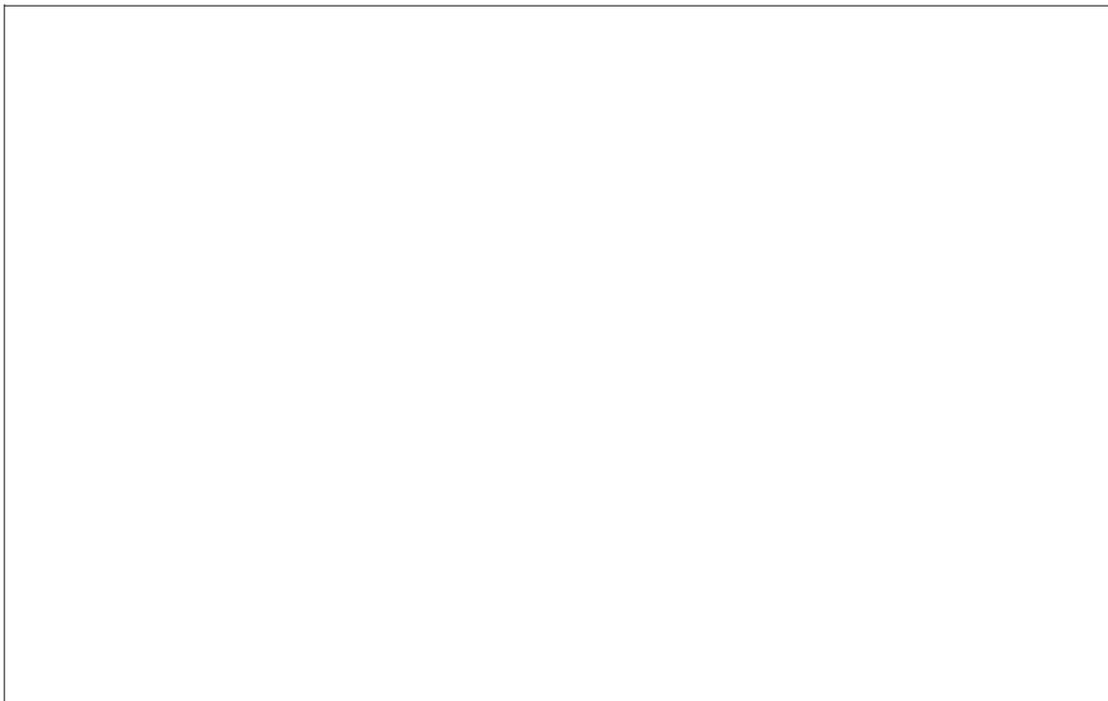
Nome: _____ n.º: _____

Nome: _____ n.º: _____

Nome: _____ n.º: _____

Vocês têm a disposição duas bolas e uma lanterna. Manipule estes objetos e responda as perguntas a seguir.

1) Faça um desenho esquemático que mostra o sistema Sol-Terra-Lua e que explique o fenômeno das fases da Lua. O desenho deve mostrar a posição da Lua quando ela estiver nas fases: Nova, Crescente, Cheia e Minguante.



2) Faça um desenho esquemático que mostra o Sol, a Terra e a Lua quando ocorrem os eclipses:

Eclipse do Sol	Eclipse da Lua

3) A Lua mostra sempre a mesma face para a Terra.

A partir desta informação o que você pode dizer sobre o movimento de rotação da Lua. Você acredita que a Lua gira sobre ela mesma?

ANEXO 8
Atividade sobre a origem da Lua

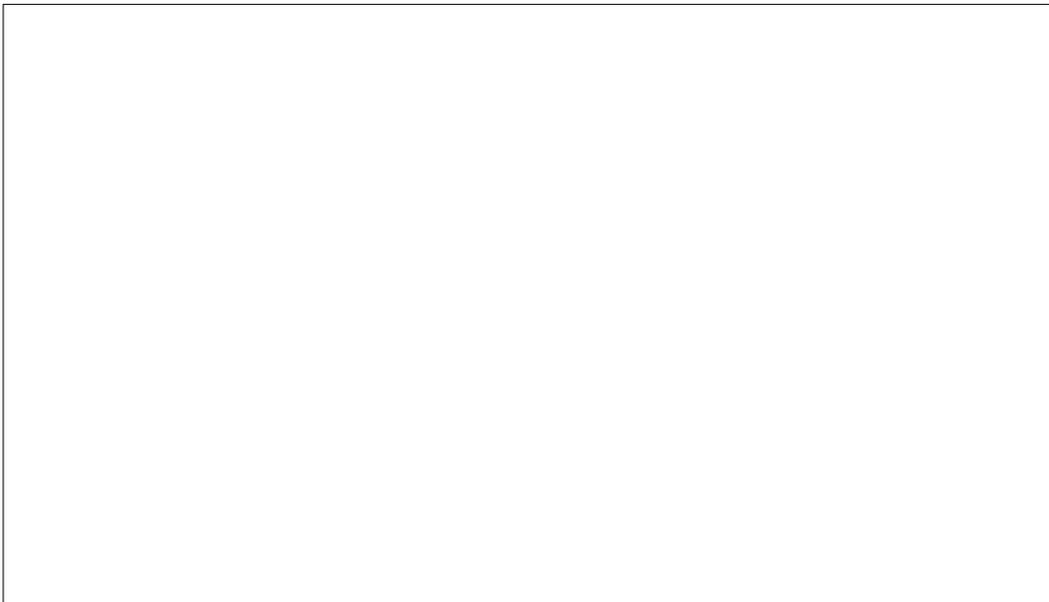
1 - nome da teoria: _____

Depois da formação da Terra a matéria que sobrou em torno do planeta teria se juntado e originado a Lua.

A formação conjunta a partir da mesma matéria justifica o fato de a Terra e a Lua terem características físicas e químicas em comum. A datação das rochas lunares trazidas pelas missões espaciais mostra que elas têm a mesma idade das rochas terrestres.

No entanto, essa teoria não explica o fato da diferença de densidade e composição química entre a Terra e a Lua. Na Lua, por exemplo, existem menos elementos voláteis (sódio, potássio etc.) e menos ferro que na Terra. Elementos como o flúor, o cloro e o chumbo são encontrados em menor quantidade nas rochas lunares do que nas terrestres.

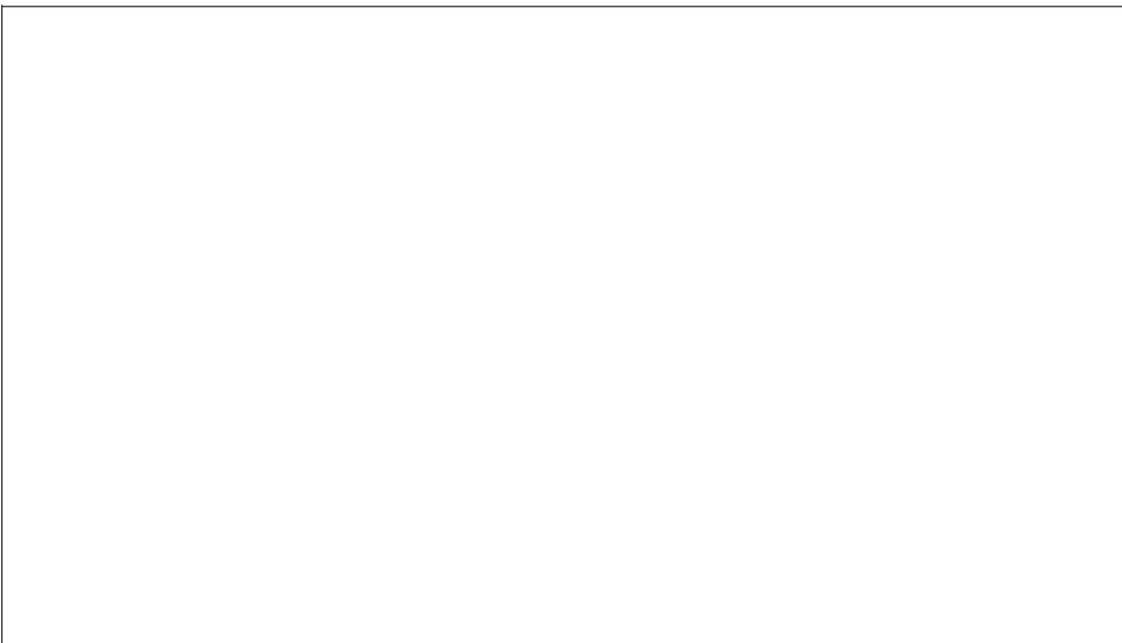
Esquema que representa a origem da Lua segundo a teoria 1



2 - nome da teoria: _____

A Lua teria surgido da própria Terra. A teoria foi proposta em 1878, por George Howard Darwin (1845-1902), um dos filhos do célebre naturalista Charles Darwin. Segundo ele, nosso planeta era bem maior: englobava a Terra e a Lua. Conforme esse planeta esfriou, ele se contraiu e passou a girar cada vez mais depressa em torno de seu eixo. Por causa dessa velocidade de rotação, a parte do equador começou a ser “jogada” para fora. A parte da que foi ejetada se tornou o satélite Lua e o que restou ficou sendo a Terra atual.

Na época em que essa teoria foi proposta, chegaram a sugerir que o atual oceano Pacífico seria o local de onde o material que compõe a Lua teria sido retirado, deixando uma enorme “cicatriz” no planeta. As pessoas que discordam dessa teoria dizem que a quantidade de material retirada não seria suficiente para formar a Lua. Outro ponto contrário é que, ao se desprender, a órbita da Lua seria mais próxima a um plano paralelo ao equador da Terra, o que não acontece.

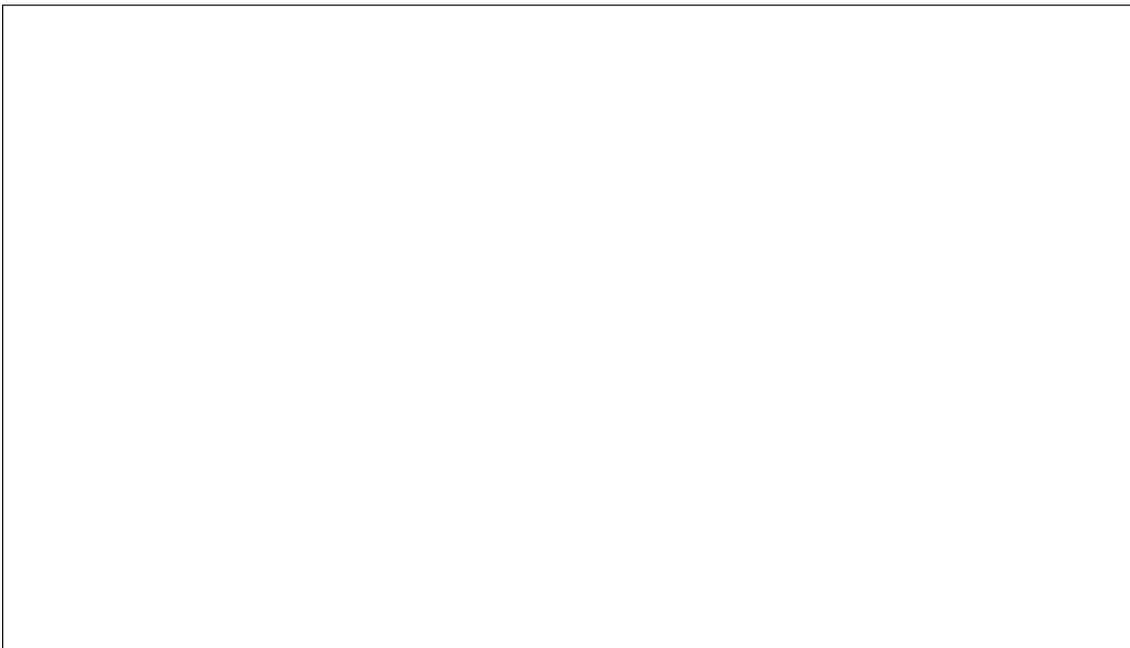
Esquema que representa a origem da Lua segundo a teoria 2

3 - nome da teoria: _____

A Terra e a Lua teriam se formado em locais bem distintos. A Lua viajava pelo espaço quando foi parcialmente perturbada pela presença da Terra, fazendo mudar sua trajetória e ser atraída gravitacionalmente pelo nosso planeta. A partir daí começou a girar em torno da Terra, tornando-se seu satélite natural.

O problema dessa teoria é que a possibilidade de ocorrência de tal evento é remota. A maioria dos especialistas concorda que a captura de um corpo celeste resultante da atração gravitacional de outro só pode acontecer sob condições muito especiais e raras. No entanto, essa teoria justifica de forma bastante plausível algumas diferenças de composição química entre a Lua e a Terra, mas algumas semelhanças esperadas não encontram explicação.

Esquema que representa a origem da Lua segundo a teoria 3

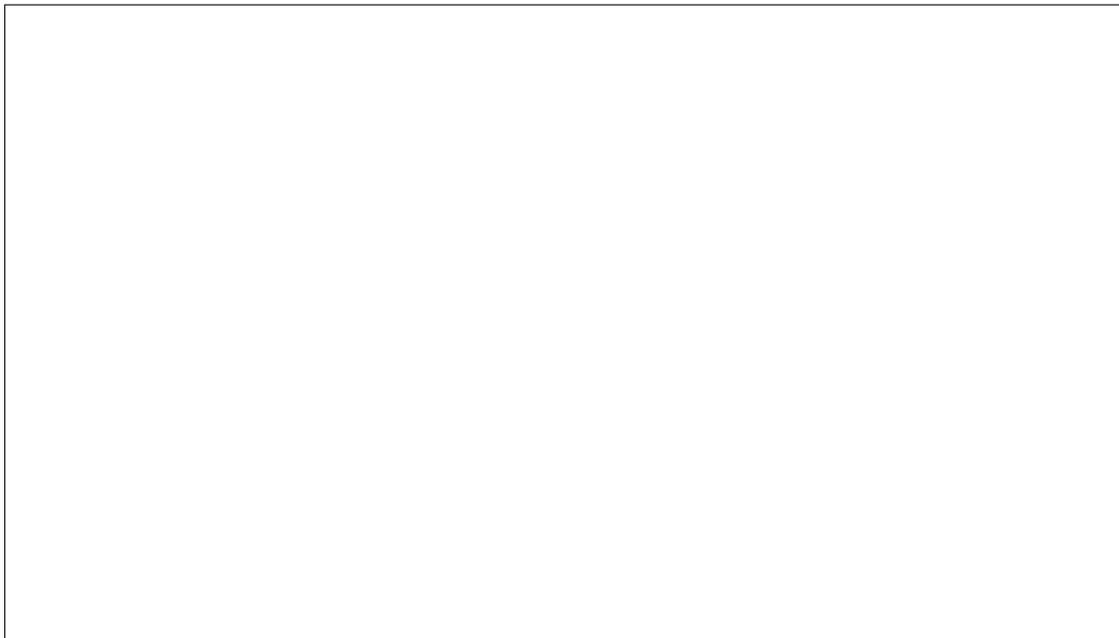


4 - nome da teoria: _____

A Lua seria o resultado da colisão entre a Terra e um gigantesco meteorito, com massa equivalente à massa de Marte.

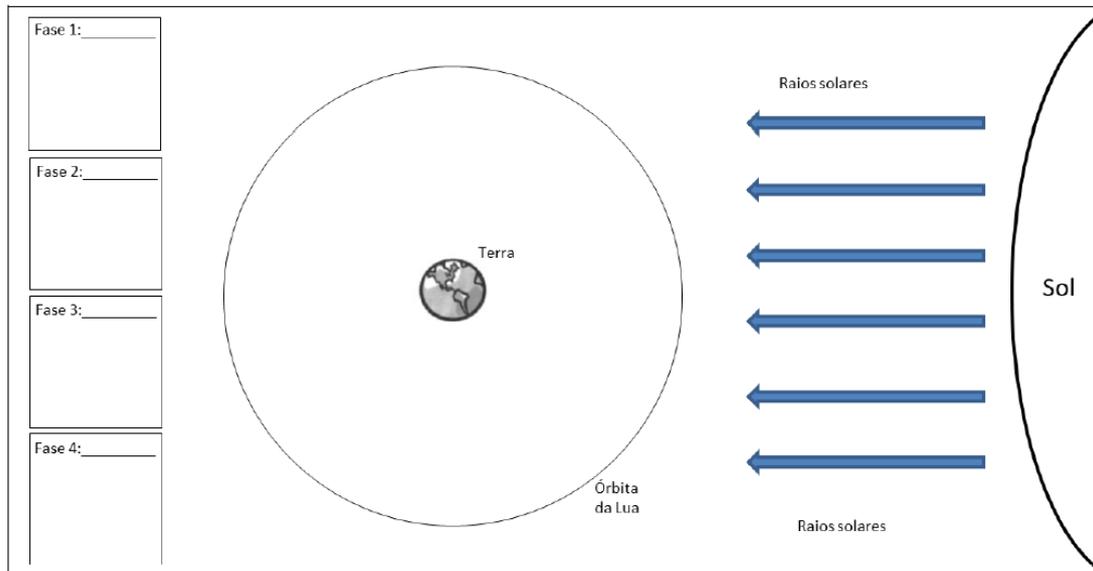
O impacto desse corpo celeste foi tão intenso que conseguiu quebrar a o planeta em dois pedaços – Terra e Lua – e ainda arremessar a Lua para longe da Terra.

Com essa teoria, consegue-se explicar o porquê de existirem tantas semelhanças entre a Terra e a Lua (formaram-se da mesma matéria) e ao mesmo tempo permite que se explique de onde vieram as características diferentes: do terceiro corpo, aquele que bateu e quebrou tudo. Mas um choque como esse deixaria uma grande marca na superfície do nosso planeta que não é encontrada hoje.

Esquema que representa a origem da Lua segundo a teoria 4

ANEXO 9
Questionário final

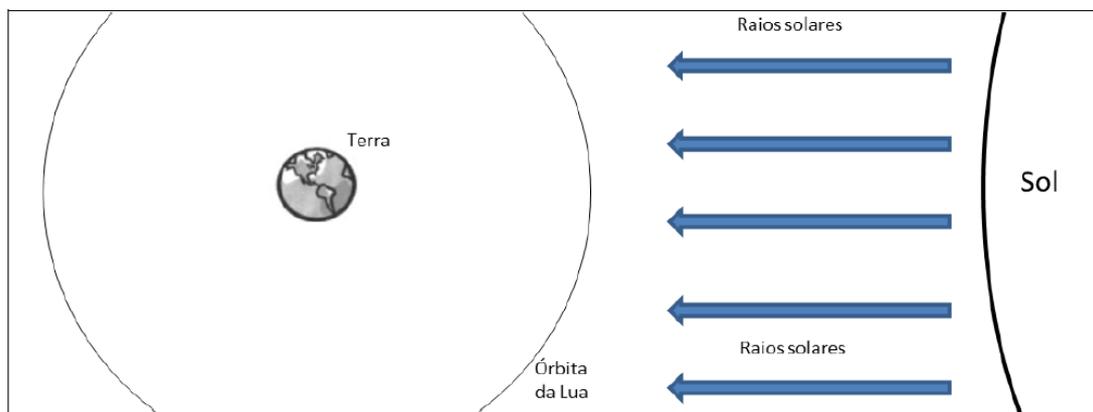
1) Na figura abaixo desenhe a Lua, com sua parte clara e escura, em **quatro** posições de sua órbita que representem suas fases: Nova, Cheia, Crescente e Minguante. Nos quadrados ao lado desenhe como veríamos a Lua no céu.



2) Dos atributos abaixo, escolha os **cinco** mais importantes para a explicação das fases da Lua. Enumere de 1 a 5, sendo 1 o atributo mais importante e 5 o menos importante.

- | | |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> rotação da Terra | <input type="checkbox"/> iluminação do Sol na Lua |
| <input type="checkbox"/> translação da Terra | <input type="checkbox"/> alinhamento Sol, Terra e Lua |
| <input type="checkbox"/> inclinação do eixo da Terra | <input type="checkbox"/> posição relativa do Sol, Terra e Lua |
| <input type="checkbox"/> posição da pessoa sobre a Terra | <input type="checkbox"/> a Lua ser esférica |
| <input type="checkbox"/> rotação da Lua | <input type="checkbox"/> a Terra ser esférica |
| <input type="checkbox"/> translação da Lua | <input type="checkbox"/> outras (citar) _____ |

3) Na figura abaixo desenhe a Lua, com sua parte clara e escura, em **duas** posições de sua órbita: uma que represente a Lua Cheia e outra que represente o eclipse da Lua.



4) Explique o motivo que justifica a ocorrência da Lua Cheia e do Eclipse da Lua.
