

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS E FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

VANESSA NÓBREGA DE ALBUQUERQUE

**O caso Plutão e a natureza da ciência:
uma proposta para alunos do ensino médio**

**São Paulo
2012**

VANESSA NÓBREGA DE ALBUQUERQUE

**O caso Plutão e a natureza da ciência:
uma proposta para alunos do ensino médio**

Dissertação apresentada aos
Institutos de Física, de Química e de
Biotecnologia e à Faculdade de
Educação, da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ensino de Ciências

Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Ensino de
Ciências

Área de Concentração:
Ensino de Física

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Leite

**São Paulo
2012**

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

Albuquerque, Vanessa Nóbrega

O caso Plutão e a natureza da ciência: uma proposta para alunos do ensino médio. – São Paulo, 2012.

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

Orientador: Prof^a Dr^a Cristina Leite

Área de Concentração: Física

Unitermos: 1. Astronomia - Estudo e ensino; 2. Natureza da ciência; 3. Proposta didática; 4. Três momentos pedagógicos; 5. Plutão.

USP/IF/SBI-064/2012

*À minha família,
a quem devo e agradeço
momentos de verdadeira felicidade*

Agradecimentos

Aos meus pais, Cleide e Hamilton, que dedicaram suas vidas às suas filhas; por estarem sempre ao meu lado e incentivarem meus estudos desde as primeiras letras. À minha irmã Grace e primas Regiane e Rosiane, pela amizade sincera e companheirismo, por compreenderem minhas ausências em muitos de nossos eventos familiares, por me fazer rir quando o cansaço talvez quisesse me desanimar. Aos meus tios Daisy e Souzinha, meus segundos pais, por sempre me apoiarem e pela certeza que eu iria conseguir. Aos meus avôs, Assunta e José, os alicerces de nossa família, pelo amor incondicional. A minha sogra Nadir, por alegrar-se com minhas conquistas. Ao meu esposo Wellington, por acreditar em mim, pelo incentivo, pela paciência, por me ouvir falar tantas e tantas vezes sobre esta dissertação, acompanhar sua construção e me apoiar em todos os momentos.

À direção da escola na qual leciono, pelo apoio e por autorizar a aplicação da proposta de ensino. Aos meus alunos que participaram das atividades, pois sem eles, esta dissertação não seria possível. Aos professores e coordenadores que me apoiaram ao longo da aplicação da intervenção; em especial, à professora Ariane, pela cuidadosa revisão do meu memorial de qualificação e da dissertação final, pelo incentivo e amizade. E ao professor Leonidas, que me emprestou seu datashow pessoal para que uma das atividades da proposta de ensino fosse feita conforme planejado.

Aos amigos do grupo de pesquisa, Andreza, Daniel, Flávia, Fernanda, Gabriel, Marta, Valéria e Marcos, pelas discussões e preciosas contribuições a esta dissertação. Em especial, à Fernanda, pela cuidadosa leitura e revisão, não só desta dissertação, mas também dos artigos escritos para eventos, amiga com quem dividi, desde o começo, todas as aventuras desta pós-graduação; e ao amigo Daniel, por compartilhar comigo sua paixão pela astronomia.

Às colegas da USP, Carla, Graciela e Leika, pelo ombro amigo; à Renata, pela amizade e contribuições a esta dissertação; à Talita, companheira de algumas das disciplinas cursadas durante a pós, além dos colegas Angélica, Alexandre, Bruna, Clístines, Djalma, Esdras, Glauco, Giselle, João, Jucivagno,

Leandro, Nilva e Thaís e dos professores Cristiano, Beatriz e Ivã, pelas conversas e companhia nos eventos.

Ao professor André Ferrer, pelas importantes contribuições a esta dissertação, não só na qualificação, mas também, sempre que nos encontrávamos em eventos.

À professora Maria Regina Kawamura, por me mostrar, na prática, que um professor pode fazer diferença na vida de um aluno, por acreditar em mim e pelas contribuições durante todo o mestrado.

À professora Yassuko Hosoume, pelos ensinamentos sobre a história do ensino de Física no Brasil e por me apresentar à professora Cristina Leite.

À minha orientadora Cristina Leite, por estar sempre por perto, por construir comigo esta dissertação, pela paciência e ombro amigo. Além disso, por me ajudar a por em prática, em minha própria vida, os pensamentos de Paulo Freire, de que somos recriadores do mundo e não espectadores.

À CAPES pelo apoio financeiro.

E a Deus, pela vida e por me presentear com esses preciosos familiares e amigos.

*A única finalidade da vida,
é mais vida.*

*Se me perguntarem o que é essa vida,
eu lhes direi que é mais
liberdade
e mais felicidade.*

*São vagos os termos. Mas nem por isso
eles deixam de ter sentido para cada um de nós.*

*À medida que formos mais livres,
que abrangermos
em nosso coração e em nossa inteligência
mais coisas,
que ganharmos
critérios mais finos de compreensão,
nessa medida nos sentiremos maiores
e mais felizes.*

*A finalidade da educação
se confunde
com a finalidade da vida.*

Anísio Teixeira

Resumo

ALBUQUERQUE, V. **O caso Plutão e a natureza da ciência: uma proposta para alunos do ensino médio**. 2012. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2012.

Apresenta-se neste trabalho o desenvolvimento e avaliação de uma proposta de ensino que procura promover discussões sobre algumas características do fazer científico com alunos do Ensino Médio de uma escola estadual da periferia de São Paulo. A intervenção é composta de seis atividades que, em conjunto, sistematizam os Três Momentos Pedagógicos - modelo metodológico que procura garantir o uso sistemático da dialogicidade, o que torna possível discutir temas selecionados a partir da problematização das falas dos alunos. A intervenção foi inspirada na mudança de classificação de Plutão, que permite problematizar, por exemplo, a ciência como um processo em construção ou o caráter transitório e temporário do conhecimento científico, a partir dos estudos dos conflitos e divergências que envolveram esse episódio. A história da descoberta e classificação dos planetas do Sistema Solar, os métodos de determinação de distância, diâmetro e massa dos planetas, a definição de planeta e a reclassificação de Plutão estão entre os temas discutidos ao longo da intervenção. O material de análise é composto de trabalhos produzidos pelos alunos ao longo da intervenção e gravações de áudio e vídeo das atividades realizadas, além de uma comparação entre os resultados obtidos em um questionário inicial e final. Embora não tenha sido o foco desta pesquisa, foi possível mapear o aprendizado dos alunos sobre alguns dos temas discutidos na proposta de ensino. Verificamos que os alunos compreenderam que obter estimativas para as dimensões dos corpos celestes não foi e não é um empreendimento simples, dada à magnitude das distâncias envolvidas. Além disso, que tais medidas apresentam certa imprecisão, mas que se tornaram/tornam cada vez mais precisas, devido a novas pesquisas, métodos de medida ou ao avanço tecnológico. Em relação à potencialidade da proposta de ensino em promover um (re)olhar dos alunos para sua concepção sobre ciência, podemos dizer que, após participarem da intervenção, os estudantes estão mais conscientes sobre o processo de construção da ciência. Os alunos, ao comentarem sobre a confiança que atribuem às explicações científicas, apresentaram suas opiniões demonstrando estarem conscientes em relação à possibilidade do erro em algumas resoluções científicas e sobre o caráter transitório da ciência. Além disso, após vivenciarem a intervenção, um número maior de alunos afirmou que as explicações científicas podem mudar, relacionando este dinamismo da ciência ao avanço tecnológico ou a novos estudos e descobertas, decorrentes da própria continuidade da pesquisa. Pode-se dizer que este trabalho parece mostrar que é possível promover um maior entendimento de alunos do ensino básico sobre o processo de investigação científica a partir de uma proposta de ensino com uma abordagem histórico-filosófica da ciência. A expectativa é que esta dissertação possa contribuir com subsídios para que outros professores também realizem discussões desta natureza com seus alunos, considerando um ensino pautado na dialogicidade, tanto para promover uma formação mais crítica em relação à ciência, quanto uma postura mais participativa dos estudantes no seu próprio processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Astronomia, Natureza da ciência, Três Momentos Pedagógicos, Plutão, Proposta de ensino, Ensino Médio

Abstract

ALBUQUERQUE, V. **Pluto case and the nature of science: proposal for education to high school students**. 2012. 208 f. Dissertation (Master's Degree) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2012.

It is presented in this paper the development and evaluation of a teaching proposal that seeks to promote discussion on some characteristics of scientific work with high school students from a state school on the outskirts of Sao Paulo. This is composed of six activities that, together, try to systematize the Three Pedagogical Moments - methodological model that seeks to ensure the systematic use of dialog, which makes possible to discuss selected topics from the students' thoughts. The intervention was inspired in the change in the classification of Pluto, that allows us to discuss, for example, science as a process in construction or show scientific knowledge as transitory and temporary, by studying the conflicts and disagreements surrounding this episode. The story of discovery and classification of planets in the Solar System, methods of determining distance, diameter and mass of the planets, the definition of a planet and the reclassification of Pluto are among the topics discussed during the intervention. The material for analysis consists of works produced by students during the intervention, and audio and video recordings of the activities performed, besides a comparison between the results obtained in an initial questionnaire and final. Although it is not the focus of this research, it was possible to map the students' learning about some of the topics discussed in the teaching proposal. We found that students understood that obtaining estimates for the dimensions of the heavenly bodies was not, and is not, a simple undertaking, given the magnitude of the distances involved. Moreover, that these measures have some imprecision, but which became/are becoming more accurate, due to new researchs, methods of measurement or technological advancement. In relation to the potential of the teaching proposal to promote a review of students for their conception of science, we can say that, after participating in the intervention, students are more conscious about the process as science is built. When students commented on the confidence they attach to the scientific explanations, they presented their opinions showing they are aware about the possibility of error in some scientific's resolutions and about the transitory nature of science. Besides this, after have participated the intervention, a greater number of students said that scientific explanations may change, and have attributed this dynamism of science to technological advancement or new studies and findings arising from the very continuity of the research. You could say that this paper seems to show that it is possible to promote a greater understanding of high school students about the process of scientific research from a teaching proposal with a historical-philosophical approach of science. It is expected that this proposal be a contribution to other teachers feel themselves motivated to make discussions about the nature of science in basic education, based on dialog, both to promote a more critical training in relation to science, as to get a more participatory behavior of the students in their own learning process.

Keywords: Astronomy, Nature of science, Three Pedagogical Moments, Pluto, Proposal for education, Secondary education

Lista de Figuras

Figura 01	
Maquete Sistema Solar em escala	79
Figura 02	
Eclipse total do Sol	174
Figura 03	
Ângulo Sol-Terra-Lua	174
Figura 04	
Elongação	175
Figura 05	
Elongação Sol-Terra-Vênus	176
Figura 06	
Paralaxe geocêntrica	177
Figura 07	
Diâmetro angular	179
Figura 08	
Ocultação	181

Lista de Tabelas

Tabela 01

Episódios da definição de planeta X natureza da ciência58

Tabela 02

Síntese da discussão da Atividade I63

Tabela 03

Síntese da Proposta de Ensino72

Tabela 04

Transitoriedade da ciência102

Tabela 05

Justificativas para a transitoriedade da ciência105

Tabela 06

Questões relacionadas à transitoriedade da ciência107

Tabela 07

Atividade II x Questionário Final108

Tabela 08

Autoridade atribuída à ciência114

Tabela 09

Transcrições das justificativas para a transitoriedade da ciência: QI x QF198

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

O despertar para o Ensino de Física	14
---	----

INTRODUÇÃO

Primeiros contornos da pesquisa	17
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 01

Entalhando, esculpindo e modelando a pesquisa.....	24
--	----

CAPÍTULO 02

Natureza da ciência nas pesquisas em ensino de ciências: um panorama	28
--	----

2.1. Mapeamento: investigações sobre concepção de ciências	29
2.1.1. Livros didáticos	29
2.1.2. Professores	31
2.1.3. Alunos do Ensino Básico.....	33
2.1.4. Cientistas	34
2.1.5. Outros	34
2.2. Reflexão: discussões sobre ciência	35
2.3. Proposição: investigações com propostas de ensino	37
2.3.1. Propostas de ensino não aplicadas.....	37
2.3.2. Propostas de ensino aplicadas e analisadas	40
2.4. Análise dos resultados e algumas considerações	45

CAPÍTULO 03

A definição de planeta e a natureza da ciência	49
--	----

3.1. Influência do contexto social e cultural nas primeiras observações do céu	49
3.2. De Aristóteles a Copérnico.....	51
3.3. O encontro de mais objetos no céu	53
3.4. Em busca do Planeta X: Plutão.....	54
3.5. Plutão: mais um planeta no céu?	55
3.6. A reunião da União Astronômica Internacional (UAI)	56
3.7. O caso Plutão e a natureza da ciência	57

CAPÍTULO 04

Proposta de ensino: as atividades	59
---	----

4.1. Atividade I: Controvérsias sobre o caso Plutão	62
4.2. Atividade II: Descoberta dos planetas	63
4.3. Atividade III: Medidas Astronômicas	65
4.3.1. Construção do Sistema Solar em escala.....	65
4.3.2. Determinação das distâncias dos planetas.....	66
4.3.3. Determinação do diâmetro dos planetas	67
4.3.4. Determinação do diâmetro e massa de Plutão	68
4.4. Atividade IV: Classificação dos corpos celestes.....	69
4.5. Atividade V: Definição de planeta.....	70
4.6. Atividade VI: Avaliação Final.....	71

Capítulo 05

Proposta de ensino: aula a aula	73
5.1. Atividade I: Controvérsias sobre o caso Plutão	73
5.2. Atividade II: Descoberta dos planetas	76
5.3. Atividade III: Medidas astronômicas	77
5.3.1. Construção do Sistema Solar em escala	77
5.3.2. Determinação das distâncias dos planetas.....	80
5.3.3. Determinação do diâmetro dos planetas	82
5.3.4. Determinação do diâmetro e massa de Plutão	83
5.4. Atividade IV: Classificação dos corpos celestes	85
5.5. Atividade V: Definição de planeta.....	88
5.6. Atividade VI: Avaliação Final.....	91
5.7. Percepções possíveis através da dialogicidade	92

Capítulo 06

Proposta de ensino: o antes e o depois.....	95
6.1. Transitoriedade da ciência	99
6.1.1. Concepção inicial sobre a transitoriedade da ciência	100
6.1.2. Concepção final sobre a transitoriedade da ciência	101
6.1.3. Concepção sobre a transitoriedade da ciência: inicial x final	102
6.1.4. Exemplos da transitoriedade da ciência: inicial x final	106
6.2. Autoridade atribuída à ciência.....	109
6.2.1. Autoridade atribuída à ciência no início da intervenção.....	111
6.2.2. Autoridade atribuída à ciência ao término da intervenção	112
6.2.3. Autoridade atribuída à ciência: antes x depois	114
6.3 Sobre o caso Plutão.....	115
6.3.1. Dimensões de Plutão	116
6.3.2. Dimensões de Éris	119
6.3.3. Classificação de Plutão	120
6.4. Avaliação dos alunos	122

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
----------------------------------	------------

REFERÊNCIAS	130
--------------------------	------------

ANEXOS	140
---------------------	------------

Anexo I. Questionário Preliminar	141
---	------------

Anexo II. Questionário Preliminar: construção e análise	143
--	------------

Anexo III. Questionário Inicial	151
--	------------

Anexo IV. Textos da Atividade I	153
--	------------

Anexo V. Atividade I: Roteiro dos alunos	157
---	------------

Anexo VI. Atividade II: Apresentação	158
---	------------

Anexo VII. Atividade II: Fotos do Stellarium	164
---	------------

Anexo VIII. Atividade II: Texto dos alunos	165
Anexo IX. Atividade II: Questionário Pensando o trabalho científico	170
Anexo X. Atividade II: Questionário Explorando o assunto	171
Anexo XI. Atividade III: O Sistema Solar em escala	172
Anexo XII. Atividade III: Medida das distâncias dos planetas	174
Anexo XIII. Atividade III: Medida do diâmetro dos planetas	179
Anexo XIV. Atividade III: Medida do diâmetro e massa de Plutão	181
Anexo XV. Atividade IV: Imagens de planetas e asteroide	184
Anexo XVI. Atividade IV: Roteiro dos alunos	185
Anexo XVII. Atividade IV: Classificação dos corpos celestes	186
Anexo XVIII. Atividade V: Roteiro alunos	187
Anexo XIX. Atividade V: Definição de planeta	191
Anexo XX. Atividade V: Trabalho dos alunos	194
Anexo XXI. Atividade VI: Questionário Final	196
Anexo XXII. Transcrições das justificativas para transitoriedade da ciência	198
Anexo XXIII. Transcrição do debate da Atividade V: Definição de planeta	201

APRESENTAÇÃO

O despertar para o Ensino de Física

Quem não tem qualquer projeto, qualquer objetivo, qualquer motivo/motivação para seguir em frente, já não está vivo em sentido humano. Vivemos dos projetos que alimentamos e realizamos, dos papéis que representamos juntamente com os outros.

Nilson Machado

Neste trabalho apresento minha dissertação de mestrado, que se insere em um contexto mais amplo, meu projeto de vida. O projeto de vida tende a caracterizar-se pela realização de uma vocação, de um apelo de dentro e de fora, representando o encontro harmonioso entre aspirações individuais e interesses coletivos. Assumimos a ideia de vocação na perspectiva profissional e não relacionada a perspectivas religiosas ou deterministas. O projeto constitui uma antecipação de ações em busca de metas prefiguradas, na construção de um futuro aberto, que depende das ações que realizamos no presente, escolhidas por valores que nos constituem devido à existência de um passado. (MACHADO, 2000).

Dadas estas considerações, quero apresentar, a priori, alguns momentos de minha história, que poderão ajudar a compreender as escolhas que estruturaram esta dissertação.

Vamos começar pela paixão pela Física. Eu não sei dizer se esta nasceu na escola, uma vez que eu gostava de resolver as “fórmulas de física”, ou se foi influência de meu pai, que sempre procurou compreender como “as coisas” funcionam, entendimento em que conhecimentos científicos se fazem necessários. De qualquer forma, minha relação com este saber cresceu, floresceu e esta dissertação é fruto dela.

Na escola vivi minhas primeiras experiências em ensino-aprendizagem, ajudando colegas em épocas de provas. E a primeira aventura como professora de Física foi ministrando aulas em um cursinho preparatório para vestibular, quando eu cursava Tecnologia em Processos de Produção, minha primeira graduação. Nesta experiência, apaixonei-me pela área da Educação e mudei o rumo de minha história através da Licenciatura em Física.

Nossa história nos ajuda a entender as nossas escolhas. E boa parte dela desenrola-se no ambiente escolar. Evidencia-se a importância desta instituição como co-responsável pelo crescimento intelectual dos indivíduos. Acredito que a escola tem um importante papel no desenvolvimento de competências e habilidades que podem ajudar os alunos a esculpirem seus projetos de vida. Snyders (1988) parece expressar muito bem o que o aluno deve encontrar na escola:

Na escola, trata-se de conhecer alegrias diferentes que as da vida diária; coisas que sacodem, interpelam, a partir do que os alunos mudarão algo em sua vida, darão um novo sentido a ela, darão sentido a sua vida. (Snyders, 1988, p.14)

Nos últimos anos da Licenciatura, com o desafio de redigir uma monografia de fim de curso, conheci e estudei a dissertação de Oliveira (2005). Esta descreve a implantação e desenvolvimento de um projeto de monitoria discente. A monografia teve como objetivo analisar os possíveis significados da monitoria para os alunos-monitores. Os resultados foram ao encontro com o que a intuição (baseada na experiência de vida escolar) me indicava: atividades que deslocam o aluno de sua rotina demandam esforços que podem levá-lo a uma reestruturação de valores, a uma nova relação com os saberes e a uma redescoberta de si mesmo (ALBUQUERQUE, 2006). No caso da pesquisa mencionada, os alunos-monitores, que a princípio se interessaram pela atividade devido a uma bonificação-extra oferecida pelo professor da disciplina, após envolverem-se nas atividades, passam a ter como motivação a satisfação em ajudar os colegas com os conteúdos de Física. A monitoria proporcionou uma nova relação com os saberes. Além disso, os conteúdos físicos passaram a ter mais uma função, meio de interação entre os próprios alunos.

Não poderia ficar inerte após perceber que o ensino de Física pode ser envolvente e trazer novas possibilidades de relação entre aluno e o mundo. No entanto, para que a ciência seja meio de se compreender o mundo e uma nova maneira de atuar no mundo, considero importante a compreensão da natureza deste saber, sua extensão e limites. É neste momento que começo a sentir a necessidade de conhecer melhor este tema e suas implicações para o Ensino.

Uma segunda motivação para envolve-me com o assunto foi perceber que ainda que eu considerasse discussões sobre a construção do conhecimento científico importante para o ensino, ao atuar como professora de física da rede estadual de São Paulo, lecionando para alunos do ensino médio do 2º e 3º anos, não conseguia problematizar questões desta natureza em minhas aulas.

Em meu primeiro ano de docência, ouvi meus alunos conversarem sobre o astro Plutão ter deixado de ser planeta, e, por isso, questionavam a validade da ciência e os motivos para estudá-la, já que as explicações científicas poderiam mudar. Acredito que esse desconforto tenha sido gerado por uma falta de entendimento sobre o fazer científico. A fala de meus alunos fez-me perceber que era preciso adotar uma estratégia de ensino diferente da ministrada, de maneira que fosse possível discutir um pouco melhor a natureza da ciência. Como? Procurei a Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP para ajudar-me a encontrar uma resposta.

Os frutos deste feliz encontro, além dos amigos que fiz pelo caminho, encontram-se descritos nas páginas a seguir.

INTRODUÇÃO

Primeiros contornos da pesquisa

Neste trabalho adotam-se como pressupostos as ideias de Paulo Freire (1987, 1996), de que a educação não deve ser apenas meio de adaptação do indivíduo à sociedade, mas sim, meio de estímulo ao desenvolvimento de uma consciência crítica que permite ao homem intervir em sua realidade, transformando e recriando-a. Vê-se nos pilares da educação problematizadora proposta por Freire (1987) um caminho para realizar uma formação com tais características. A educação problematizadora é um ato cognoscente em que o objeto cognoscível não é fim, mas objeto de questionamento, sobre o qual refletem educando e educador, em que ambos são sujeitos e participam dessa relação dialógica. Os conteúdos não são o objetivo final, mas meio de se pensar a realidade e compreendê-la, tornando-se possível uma atuação consciente sobre ela.

A educação científica tornou-se essencial para uma maior compreensão e atuação no mundo, uma vez que a ciência e a tecnologia fazem parte de nosso cotidiano (MENEZES, 2000). Para que a ciência seja meio de compreensão crítica da realidade, parece necessárias a compreensão da própria natureza desse saber, sua extensão e limites, para que seja possível uma postura crítica em relação à própria ciência (WESTPHAL; PINHEIRO; PINHEIRO, 2005; LOPES; JAFELICE, 2009, GAMA; ZANETIC, 2009).

O entendimento da natureza da ciência pode ajudar na formação de cidadãos capazes de compreender, avaliar e participar das decisões que envolvam o desenvolvimento e a aplicação do conhecimento científico, considerando que as consequências destas decisões vão além de questões internas da ciência. (CHALMERS, 1994, CACHAPUZ et al, 2005). Tais decisões podem estar relacionadas, por exemplo, a conveniência e segurança das diversas intervenções tecnológicas, mecânicas e ambientais no mundo, ou os efeitos adversos que a ciência possibilita, como danos ao meio ambiente ou até a aniquilação nuclear (CHALMERS, 1994).

Cientes das críticas que afirmam ser utópica tal possibilidade, justificada pela necessidade de um conhecimento demasiado especializado, há argumentos que afirmam não ser necessário um conhecimento tão aprofundado para participar de decisões que envolvam a ciência, mas um mínimo de formação científica para a compreensão dos problemas existentes e das soluções possíveis, discussão que não só pode, como deve ser expressa em linguagem acessível. Cachapuz et al (2005) nos fornece um exemplo concreto da possibilidade de atuação do cidadão não cientista em algumas decisões que envolvem a ciência. Ele relembra o episódio histórico do pesticida DDT, momento em que um grupo de cidadãos, alertados por Rachel Carson, influenciou a proibição do uso deste pesticida através de uma mobilização possível porque aqueles cidadãos eram capazes de entender os argumentos de Carson.

Além destas considerações, uma má compreensão do conhecimento científico pode deixar o cidadão à mercê das decisões de uma elite a quem se reserva esse saber, cristalizando as formas sociais, aumentando a disparidade entre ricos e pobres, como também entre países industrializados e não industrializados (SNOW, 1995). Tais reflexões devem considerar as limitações da ciência, que permitiriam reconhecer exageros e mistificações que porventura possam acompanhar, inclusive, os discursos desta elite dominante (CHALMERS, 1994). Assim, expõe-se a importância de uma formação científica adequada a todos os cidadãos para uma possível transformação social e a importância de se pensar a educação e em como estamos enfrentando as revoluções científicas e tecnológicas (SNOW, 1995).

Muitos pesquisadores apontam que a percepção da relação ciência-sociedade, tanto na produção do conhecimento científico como na influência da ciência nas mudanças sociais, promoveria uma maior compreensão da dimensão cultural desse conhecimento (GUERRA; BRAGA; REIS, 2003a; NORRY; ZANETIC, 2005; OLIVEIRA; ZANETIC, 2005). A compreensão da ciência como cultura e de seu caráter histórico-social revelariam-na como mais uma forma de interpretação do mundo e minimizariam a supervalorização desse conhecimento em detrimento e depreciação de outras formas de ver o mundo.

Além disso, uma compreensão mais abrangente do fazer científico pode *contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam* (MATTHEWS, 1995, p. 165), auxiliando, portanto, na construção de uma relação mais significativa entre aluno-conhecimento (SANTILLI, 2000, CACHAPUZ et al., 2005, LOSS; MACHADO, 2005, WETPHAL; PINHEIRO; TEIXEIRA, 2005).

Ao falar-se em ensino sobre a natureza da ciência, é importante lembrar da existência de sérios debates que manifestam discrepâncias na definição da natureza da atividade científica (ACEVEDO et al, 2005, PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, CACHAPUZ et al, 2005).

Leaderman (2002) aponta algumas características que, em certo nível de generalidade, fundamentariam o que significa hoje a ideia de ciência, elementos que acredita que podem ser problematizados no âmbito escolar:

(...) em certo ponto e em certo nível de generalidade, há uma ideia em comum (ainda assim, não é consenso) sobre natureza da Ciência entre os filósofos, historiadores e sociólogos sobre Ciência. Por exemplo, atualmente seria difícil rejeitar a carga teórica das observações científicas ou defender uma concepção determinista/absolutista ou empírica da natureza da ciência. Neste nível de generalidade, alguns aspectos da natureza da ciência não são controversos. Alguns desses aspectos, que nós acreditamos que são acessíveis a estudantes das séries iniciais e relevantes para o cotidiano desses alunos, adotamos e enfatizamos para nosso propósito de desenvolver um questionário sobre natureza da Ciência: que o conhecimento científico é transitório, empírico, possui uma carga teórica, parte é produto da inferência, imaginação e criatividade humana, e está inserido em um contexto social e cultural. Três outros importantes aspectos adicionais são a distinção entre observação e inferência, a ausência de um único método universal do fazer ciência, e as funções e relações entre teorias científicas e leis. (tradução nossa, LEDERMAN et al, 2002, p. 499)¹

¹ (...) at one point in time and at a certain level of generality, there is a shared wisdom (even though no complete agreement) about NOS among philosophers, historians, and sociologists of science (Smith, Lederman, Bell, McComas, & Clough, 1997). For instance, currently it would be difficult to reject the theory laden nature of scientific observations or defend a deterministic/absolutist or empiricist conception of NOS. At such a level of generality, some important aspects of NOS are not controversial. Some of these latter aspects, which we believe are accessible to K-12 students and relevant to their daily lives, were adopted and emphasized for the purpose of developing the VNOS: scientific knowledge is tentative; empirical; theory-laden; partly the product of human inference, imagination, and creativity; and socially and culturally embedded. Three additional important aspects are the distinction between observation and inference, the lack of a universal recipe like method for doing science, and the functions of and relationships between scientific theories and laws. (LEDERMAN et al., 2002, p. 499)

Já Cleminson (1990) apud Cachapuz et al (2005), apresentam as ideias a seguir como os princípios que traduziriam a *Nova Filosofia da Ciência*:

1. O conhecimento científico é por tentativa e nunca deve ser equiparado a verdade. Deve ser dado apenas um status temporário a este conhecimento.
2. Observação por si só não origina o conhecimento científico em um simples método indutivo. Nós vemos o mundo através de lentes teóricas construídas a partir de um conhecimento prévio. Não pode haver nítida distinção entre observação e inferência.
3. Conhecimento novo na Ciência é produzido por atos criativos da imaginação aliada com os métodos da investigação científica. Como tal a Ciência é uma atividade subjetiva e imensamente humana.
4. A aquisição de novo conhecimento científico é problemático e nunca é fácil. Abandonar um conhecimento bem aceito que tenha sido refutado normalmente ocorre com relutância.
5. Cientistas estudam um mundo do qual eles fazem parte, não um mundo que eles estão a parte. (tradução nossa; Cleminson, 1990 apud Cachapuz et al., 2005, p.74) ²

Estes dois discursos exemplificam que há divergências mesmo entre os princípios que se acreditam menos controversos sobre a natureza da ciência. Leaderman (2002), por exemplo, destaca a *distinção entre observação e inferência* e Cleminson (1990), ao contrário, afirma que *não pode haver nítida distinção entre observação e inferência*. Contudo, ainda que não exista consenso ao se apresentar tais características, acredita-se na importância de uma formação científica que permita um distanciamento de uma imagem simplista e deformada da natureza da ciência.

A este respeito, Gil-Pérez et al (2001) enumerou algumas deformações que, em conjunto, expressam *uma imagem ingênua, profundamente afastada do que é a construção do conhecimento científico, mas que foi se consolidando até se tornar um estereótipo socialmente aceito, que a própria educação científica reforça ativa ou passivamente (p. 129)*. A partir de um distanciamento

²1. Scientific knowledge is tentative and should never be equated with truth. It has only temporary status.

2. Observation alone cannot give rise to scientific knowledge in a simple inductivist manner. We view the world through theoretical lenses built up from prior knowledge. There can be no sharp distinction between observation and inference.

3. New knowledge in science is produced by creative acts of the imagination allied with the methods of scientific inquiry. As such science is a personal and immensely human activity.

4. Acquisition of new scientific knowledge is problematic and never easy. Abandoning cherished knowledge that has been falsified usually occurs with reluctance.

5. Scientists study a world of which they are a part, not a world from which they are apart.

(Cleminson, 1990 apud Cachapuz et al., 2005, p.74)

de tais concepções, segundo estes autores, seria possível se promover uma imagem mais adequada do trabalho científico. Dentre as deformações estariam uma visão empírico-indutivista, atórica, rígida (algorítmica, exata, infalível), aproblemática e ahistórica (portanto, dogmática e fechada) da ciência, sendo exclusivamente analítica, que destaca a divisão parcelar dos estudos e se esquece dos esforços posteriores de unificação. Além de uma visão acumulativa de crescimento linear, individualista, elitista e socialmente neutra da ciência.

Este trabalho vai ao encontro de tal proposta, acreditando que um distanciamento de tais ideias sobre a ciência poderia promover uma imagem mais adequada do processo de construção do conhecimento científico.

Considerando que muitos estudantes do ensino básico formam-se com uma visão distante ou deformada sobre o fazer científico (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002; SOUZA et al, 2007; LUZ; LEAL, 2007; FERNANDES; FILGUEIRA, 2009), assumiu-se a necessidade de se promover discussões sobre ciência na escola, para uma melhor compreensão do significado do conhecimento científico e suas implicações em nossa sociedade.

De modo a contribuir neste empreendimento, desenvolveu-se neste trabalho uma proposta de ensino que pretende auxiliar professores de Física a discutir sobre ciência com seus alunos do Ensino Médio. Para mediar às discussões foram escolhidos conceitos relacionados à Astronomia. Temas contemporâneos desta área científica podem permitir que os alunos não só verifiquem, mas também vivenciem situações que os levem a perceber algumas características da natureza da ciência. Por exemplo, a transitoriedade do conhecimento científico, como ocorreu em relação ao episódio sobre a reclassificação de Plutão, que teve grande repercussão na mídia e gerou uma série de comentários, inclusive de nossos alunos. Já que os estudantes estão participando destas mudanças, acompanhando as alterações dos livros didáticos, transitando entre as concepções antigas sobre o planeta e as novas imagens provindas da recente categorização, acreditou-se que o caso “Plutão” seria um fator problematizador interessante para se discutir sobre as características do fazer científico.

Além de desenvolver a proposta de ensino, também realizou-se sua aplicação em uma escola estadual de São de Paulo. Ao acompanhar este processo, avaliou-se o quanto a vivência de tais atividades pôde influenciar ou não a imagem da ciência concebida pelos estudantes, tanto em relação à transitoriedade da ciência quanto ao grau de confiabilidade concedido a este saber.

As estratégias utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa, desde o tipo de investigação até os instrumentos de coleta e análise dos dados adotados são apresentadas, de antemão, no Capítulo 01.

No Capítulo 02, na perspectiva de se obter um panorama das discussões e propostas didáticas envolvendo o tema natureza da ciência e ensino da última década e situar a presente pesquisa neste contexto, construiu-se uma revisão bibliográfica, em âmbito nacional, sobre o assunto.

A partir do pressuposto que temas da Astronomia, mais especificamente o caso da mudança de categoria do astro Plutão, poderia ser um fator problematizador interessante para se discutir a natureza da ciência, realizou-se um estudo sobre a construção da definição de planeta ao longo da história, que permitiu identificar quais elementos da natureza da ciência ficam evidentes ao se estudar tais episódios. Apresenta-se este estudo, fundamental para a construção da proposta de ensino, no Capítulo 03.

Para o desenvolvimento da intervenção adotou-se como modelo metodológico os Três Momentos Pedagógicos (3MP), denominados *Problematização Inicial*, *Organização do conhecimento* e *Aplicação do conhecimento*. E entre os temas discutidos ao longo da proposta de ensino estão: a história da descoberta e classificação dos planetas do Sistema Solar; os métodos de determinação de distância, diâmetro e massa dos planetas; a definição de planeta e a reclassificação de Plutão. Descreve-se, em detalhes, a estrutura da proposta articulada ao modelo metodológico adotado no Capítulo 04.

No Capítulo 05 são apresentadas algumas discussões ocorridas durante a aplicação da intervenção, acompanhadas de descrições do contexto da aula na qual aconteceram. As discussões em que se percebeu uma maior

participação entre os estudantes e entre eles e a professora foram transcritas. Em seguida, apresentam-se algumas considerações sobre as influências da estrutura dos 3 MP no desenvolvimento da proposta, uma vez que tais questões parecem evidentes com as transcrições dos diálogos selecionados. Além disso, foram destacadas falas de alunos que explicitaram, motivados pelas discussões, questionamentos sobre características da natureza da ciência.

No Capítulo 06, foi feita uma avaliação do aprendizado dos alunos em relação ao tema base da proposta de ensino, a reclassificação de Plutão, e uma comparação da concepção discente sobre a transitoriedade da ciência e do grau de autoridade que os alunos atribuíam/atribuem a este saber antes e ao término da aplicação da intervenção. Dessa forma, tentou-se verificar e apresentar de que maneira a vivência das atividades da proposta de ensino permitem um re(olhar) dos alunos para alguns elementos da natureza da ciência, propiciando ou não, um crescimento, amadurecimento ou aprofundamento da imagem do fazer científico concebido pelos alunos.

CAPÍTULO 01

Entalhando, esculpindo e modelando a pesquisa

São os passos que fazem os caminhos
Mario Quintana

A partir de uma reflexão sobre a importância de ter-se um maior conhecimento sobre como a ciência é construída, desenvolveu-se neste trabalho uma proposta de ensino que teve como objetivo promover discussões sobre a natureza da ciência com alunos do Ensino Médio. Ao acompanhar e analisar a aplicação de tal proposta, verificou-se o quanto a vivência de tais atividades pôde influenciar ou não a imagem da ciência concebida pelos estudantes, tanto em relação à transitoriedade da ciência quanto ao grau de confiabilidade concedido a este saber.

Para realizar a investigação, optou-se por uma abordagem qualitativa, pois este tipo de investigação envolve mais o processo do que o produto, preocupa-se em retratar a perspectiva dos participantes e obtém-se dados descritivos através do contato direto do pesquisador com a situação estudada (BOGDA; BIKLEN, 1982, apud LUDKE; ANDRÉ, 1986). Trata-se de uma pesquisa do tipo participante, que combina investigação, trabalho educacional e ação. (DEMO, 1987, HAGUETTE, 1987).

A princípio foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema natureza da ciência, entre os artigos publicados no período de 2000 à 2009 em cada Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e em cada edição do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF); ambos promovidos pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), com o propósito de se obter um panorama das discussões e propostas de ensino existentes envolvendo o tema em âmbito nacional, de maneira a situar a proposta de nossa pesquisa neste contexto e ganhar novos subsídios para o desenvolvimento da investigação.

Para elaborar a proposta de ensino, realizou-se um estudo prévio sobre a construção da definição de planeta ao longo da história, desde as primeiras observações do céu realizadas por nossos ancestrais, até chegar às resoluções que definiram quais seriam os atributos de um “planeta” na 26ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional. Dessa forma, foi possível identificar quais

articulações com aspectos da natureza da ciência poderiam ser feitos com a problematização do tema ao longo da proposta de ensino.

Também realizou-se um estudo sobre o modelo metodológico denominado Três Momentos Pedagógicos (3MP), composto pela *Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento*. Tratam-se de organizadores do trabalho que procuram garantir o uso sistemático do diálogo (PERNAMBUCO, 1994). Construiu-se a proposta de ensino fundamentada neste modelo metodológico.

A proposta foi aplicada para cinco salas de terceiro ano do Ensino Médio em uma escola estadual da periferia de São Paulo. Aproximadamente 180 alunos participaram da atividade (em torno de 35 alunos em cada sala).

A aplicação da intervenção foi realizada pela própria pesquisadora, uma vez que ela é professora das turmas na escola selecionada. Como observadora participante³ dificilmente seria possível para a professora-pesquisadora realizar as anotações de campo no momento da observação. Dessa forma, estas foram feitas assim que houve oportunidade para tal.

Para registrar todos os fatos e apreender todos os diálogos no momento da intervenção e ampliar a visão da situação e a capacidade de análise, foram feitas gravações de áudio e vídeo de todas as aulas aplicadas às cinco turmas. Porém, para uma análise mais aprofundada da atividade em si, foi selecionada uma única turma para estudo de caso. Selecionou-se aquela em que os alunos foram mais participativos durante as discussões realizadas, expondo explicitamente suas percepções e pontos de vista.

Além da coleta sistemática de informações através da observação do ambiente e das interações que envolveram a intervenção, também foi realizada a análise dos trabalhos escolares produzidos pelos alunos durante as atividades propostas. Segundo Lüdke; André (1986), há três situações básicas em que é apropriado o uso da análise documental, as duas apresentadas abaixo aplicam-se à nossa pesquisa.

³ Concebe-se nesta pesquisa observador participante como aquele que *está em relação face a face com os observados, e, em participando com eles em seu ambiente natural de vida, coleta dados. Logo o observador é parte do contexto, sendo observado, no qual ele ao mesmo tempo modifica e é modificado por este contexto.* (Schawartz; Schawartz (1969) apud Haguette (1986), p. 62).

2. Quando se pretende ratificar e validar informações obtidas por outras técnicas de coleta, como, por exemplo, a entrevista, o questionário ou a observação. Segundo Holsti (1969), “quando duas ou mais abordagens do mesmo problema produzem resultados similares, nossa confiança em que os resultados reflitam mais o fenômeno em que estamos interessados do que os métodos que usamos aumenta”

3. Quando o interesse do pesquisador é estudar o problema a partir da própria expressão dos indivíduos, ou seja, quando a linguagem dos sujeitos é crucial para a investigação. Nesta situação incluem-se todas as formas de produção do sujeito em forma escrita, como redações, dissertações, testes projetivos, diários pessoais, cartas etc. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.39).

Os dados obtidos através das gravações de áudio e vídeo e a análise dos trabalhos produzidos permitiram um (re)contar das discussões que surgiram durante as atividades da proposta de ensino e a construção de uma avaliação do aprendizado dos alunos em relação ao tema problematizado, a reclassificação de Plutão.

Também se realizou uma comparação da concepção discente sobre a transitoriedade da ciência e do grau de autoridade que os alunos atribuíam/atribuem a este saber antes e ao término da aplicação proposta de ensino. Dessa forma, tentou-se verificar e apresentar de que maneira a vivência das atividades da proposta de ensino permitem um re(olhar) dos alunos para alguns elementos da natureza da ciência, propiciando ou não, um crescimento, amadurecimento ou aprofundamento da imagem do fazer científico concebido pelos alunos.

Para construir esta comparação, adotou-se como instrumento de coleta de dados, o uso de um Questionário Inicial (ANEXO III) e Final (ANEXO XXI), aplicado respectivamente antes e ao término da proposta de ensino.

Para avaliar se houve diferença em relação ao grau de autoridade que os alunos explicitaram conceder à ciência antes e após a intervenção, foram comparados os dados obtidos com as questões de número 04 do QI e QF.

4) Cientistas realizam investigações quando tentam encontrar respostas para suas questões de pesquisa. Você confia nas explicações dadas pelos cientistas? Por que sim ou porque não? (QI)

4) A confiança que você tem nas explicações dadas pelos cientistas se modificou, de alguma maneira, ao estudar as polêmicas relacionadas ao caso Plutão? Por quê? (QF)

Para mapear a concepção discente sobre a transitoriedade da ciência apresentada antes e ao término da proposta de ensino, os resultados da questão 05

do Questionário Inicial (QI) foram comparados com os da questão 03 do questionário Final (QF).

5) Depois que os cientistas realizam suas pesquisas, eles podem mudar de opinião, ou seja, suas explicações podem vir a mudar? Por que sim ou por que não? (QI)

3) Modificações nas classificações dos objetos é um caso particular de possível mudança na ciência. De uma forma mais ampla, as explicações científicas podem mudar? Dê exemplos que justifiquem sua resposta. (QF)

Também foi avaliado se os alunos conseguiram identificar episódios que ilustram o caráter transitório da ciência no contexto da história da descoberta dos planetas e do caso Plutão.

Para isso, além de verificar quais foram os exemplos citados pelos alunos na questão 03 do QF, também foi feito um levantamento similar, ao término da Atividade II da proposta de ensino. Nesta atividade, após já conhecerem algumas das controvérsias relacionadas à reclassificação de Plutão e terem discutido e lido o texto *A descoberta dos planetas do Sistema Solar* (ANEXO VIII), os alunos foram solicitados a identificar entre os episódios estudados, situações que revelassem o caráter transitório do conhecimento científico.

Questões: Pensando sobre o trabalho científico

- 1) Após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, descreva situações que revelem as características da ciência mencionadas a seguir:
- b) Caráter transitório do conhecimento científico. (ANEXO IX)

Para finalizar, comparou-se se os exemplos mencionados na Atividade II foram os mesmos citados ao término da proposta de ensino.

CAPÍTULO 02

Natureza da ciência nas pesquisas em ensino de ciências: um panorama⁴

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

Madre Teresa de Calcutá

A questão sobre a inclusão ou não de discussões que envolvam a natureza da ciência na sala de aula tem sido tema de numerosas investigações da área de Educação.

Quais são os esforços que os pesquisadores em ensino de ciências têm despendido para levar a discussão sobre a ciência para a sala de aula? Qual é a visão predominante sobre a natureza da ciência entre educadores, educandos, livros didáticos e materiais de divulgação científica? Considerando as numerosas publicações existentes, trabalhos que envolvam este tema ainda se fazem necessários?

Em busca de respostas para as questões acima, identificamos as principais ideias, preocupações e tendências de pesquisa em ensino de ciências que envolveram questões relacionadas à natureza da ciência entre os artigos publicados no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) dos últimos dez anos, cuja seleção foi feita através da leitura das atas das edições dos Snefs e Epefs da última década do período de 2000 a 2009.⁵

A partir da leitura de todos os títulos e resumos dos artigos publicados nas atas dos eventos foram selecionados para uma análise mais detalhada todos aqueles que fizeram referência ou apresentaram qualquer indício de que existiria uma possível reflexão sobre aspectos relacionados à natureza da ciência ao longo

⁴ Utiliza-se, neste trabalho, o termo “filosofia da ciência” para nos referir à área de conhecimento que se preocupa em compreender a “natureza da ciência”. Entendendo que esta última envolve discussões relacionadas à compreensão de como se constrói e desenvolve o conhecimento científico, os métodos utilizados para validar este conhecimento, a objetividade e mutabilidade da ciência, os valores implícitos ou explícitos nas atividades da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações com a sociedade e com o sistema técnico-científico e as contribuições deste conhecimento para a cultura e o progresso da sociedade. (MATTHEWS, 1995).

⁵ As publicações do XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física não foram analisadas por não localizarmos as atas do evento.

de seus textos. Estes trabalhos foram lidos na íntegra e agrupados em três categorias que revelam a pretensão de cada pesquisa: *Mapeamento*, *Reflexão* ou *Proposição*.

Classificamos no grupo *Mapeamento* os artigos que se preocuparam em identificar as concepções sobre ciência de estudantes, professores ou materiais didáticos. Trabalhos que apresentam considerações sobre o processo de produção do conhecimento científico foram agrupados na categoria *Reflexão*. Na categoria *Proposição* foram selecionadas pesquisas que trazem propostas de como se trabalhar algum aspecto da natureza da ciência em sala de aula ou que descrevem e apresentam resultados de intervenções, realizadas com alunos do Ensino Básico ou em cursos de formação de professores, que explicitam a preocupação em propor atividades com uma abordagem sobre a natureza da ciência ou pesquisas que, através de suas intervenções, resultaram em uma mudança da visão sobre a ciência dos envolvidos nas atividades.

2.1. Mapeamento: investigações sobre concepção de ciências

O estudo dos trabalhos da categoria *Mapeamento*, que apresentam investigações de concepções sobre ciência, nos auxilia a refletir sobre uma das questões suscitadas anteriormente: Qual é a visão predominante sobre a natureza da ciência entre educadores, educandos, livros didáticos e materiais de divulgação científica?

2.1.1. Livros didáticos

As pesquisas que analisam livros didáticos (LD) de Física, em sua maioria, dada a dimensão do objeto de estudo, delimitam sua análise direcionando seu olhar para um único tema dentre a variedade de assuntos contemplados pelas obras.

Silva e Pimentel (2006) analisaram como as contribuições de Benjamin Franklin são abordadas nos LD do ponto de vista da qualidade das informações históricas e das ideias sobre a natureza da ciência. Sua pesquisa aponta a existência de erros e imprecisões históricas, a atribuição de feitos e conceitos a um único personagem e a presença de uma abordagem indutivista da ciência. Abreu e Carvalho (2007) e Monteiro e Nardi (2008) interpretam alguns discursos sobre a natureza da ciência nos tópicos pertencentes à Física Moderna e Contemporânea e

também concluem que os LD adotam posturas filosóficas bastante diferentes da concepção moderna de ciência. Silva e Pagliarini (2008), seguindo a mesma linha de pesquisa, estudaram as narrativas históricas em LD de Física e identificaram a presença de pseudo-histórias, que podem não considerar a imaginação do cientista no processo de construção do conhecimento, transmitir a ideia da existência de um método universal de pesquisa e apresentar a ciência como verdade absoluta. Gução et al. (2008) identificaram e avaliaram as distorções da história da ciência a respeito do conteúdo de eletrostática presentes em alguns LD de Ensino Médio. Eles concluem que os livros apresentam o conhecimento científico como pronto e acabado, sem se preocupar com discussões sobre a natureza desse saber ou a imagem do cientista. Já Pampu e Garcia (2009), ao analisarem textos introdutórios ao conteúdo de dinâmica de um livro didático, com o objetivo de testar a adequação das seguintes categorias: linguagem, completude, possibilidades de atribuição de sentidos pelo leitor e localização temporal das proposições, verificaram, referente aos aspectos epistemológicos, na categoria completude, a existência de lacunas que contribuam para o entendimento de que a ciência é um processo em construção. E dada a forma como o LD traz o conteúdo, os pesquisadores afirmaram que há um reforço da criação do cientista-herói, além da transmissão da falsa ideia da existência de uma linearidade no desenvolvimento do conhecimento científico, sem controvérsias, sem embates, sem lacunas. A pesquisa de Megid Neto e Lopes (2009), que analisa como as coleções didáticas incorporaram as principais inovações propostas pela pesquisa em educação em ciências, que inclui aspectos relativos à história e filosofia da ciência, corrobora com os resultados apresentados pelas pesquisas citadas anteriormente. No entanto, eles afirmam que a ciência aparece como um processo em construção em alguns LD, ainda que tais aparições sejam raras, ocorrendo, em especial, no Manual do Professor. Entretanto, os pesquisadores reforçam que praticamente não se observa a presença de outras discussões importantes acerca da história e filosofia da ciência nas coleções estudadas. Faria, Moraes e Barrio (2009), que verificaram as concepções de ciência de LD publicados desde a década de 60 até os dias atuais, reforçam a predominância da concepção empirico-indutivista nestes materiais.

Este panorama não é muito animador, porém, Silva e Pagliarini (2008) e Silva e Teixeira (2009) ao analisarem a imagem de ciência transmitida pelos LD e de que

maneira a história da ciência se manifesta, concluíram que alguns autores melhoraram os conteúdos sobre o tema presentes em suas obras mais recentes em relação a obras antigas e anteriores aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Apesar das investigações de Pino, Ostermann e Moreira (2004), ao analisarem as concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de Ciências Naturais de quinta a oitava séries do ensino fundamental, afirmaram que os PCNs induzem a uma visão empirica-indutivista da ciência, ainda que, em alguns momentos, os PCNs explicitem a crença no caráter de construção humana do conhecimento científico.

Considerando os dados apresentados pelas pesquisas acima, pode-se dizer que a maioria dos livros didáticos apresenta uma visão distorcida do trabalho científico em relação aos princípios da moderna filosofia da ciência.

2.1.2. Professores

Higa e Hosoume (2003) ao investigarem as visões de ciência, em particular da Física, construídas por alunos de um curso de licenciatura em Física, verificaram que os futuros professores veem nesta ciência um modo para explicar, controlar e prever fenômenos. Os licenciandos afirmam não existir uma única metodologia de pesquisa e que os modelos são considerados como representações da natureza. Alguns classificam a ciência como sendo uma atividade neutra, outros não. Silva e Abib (2008), seguindo a mesma linha de pesquisa, além de verificarem que os licenciandos veem a Física como meio para explicar a natureza, registraram evidências de uma visão de que a ciência é sempre benéfica e que se trata de um olhar privilegiado em relação a outras interpretações da natureza. Souza et al. (2009), investigando a concepção de 25 licenciandos em Física sobre sua vivência em discussões de temas ambientais e como os alunos relacionavam ciência, tecnologia e sociedade, identificaram a imagem da neutralidade da ciência, da tecnologia como ciência aplicada e neutra e que o pensar puramente tecnocrático é um modo reinante em quase metade dos licenciandos em Física que participaram de sua pesquisa. Já Dias, Lindino e Coimbra (2006), que realizaram um estudo exploratório sobre as crenças epistemológicas de ingressantes do ensino superior, identificaram que eles acreditam que a experiência não é a única maneira de se construir conhecimento, aceitando o indutivismo como um método não único, mas o mais utilizado nas construções de teorias. Também identificaram uma grande

divergência de opiniões sobre o papel da imaginação na construção de teorias científicas. Fireman e Fireman (2009), ao analisarem discussões de um grupo de licenciandos sobre motivações e justificativas para se ensinar Física, perceberam que estes futuros professores apresentam quatro ideias básicas sobre este saber: é vista como uma linguagem de comunicação entre homem-homem e homem-natureza, possibilitando uma diversidade de diálogos e interações; uma ciência que produz mudanças históricas e que sofre as mudanças; descreve o nosso cotidiano, seja na natureza ou mesmo nas relações de consumo e no uso de produtos tecnológicos, e uma Física capaz fazer previsões e orientar rumos futuros dos seres humanos.

É possível perceber que, ainda que não seja maioria, há professores que apresentam uma visão mais contemporânea da ciência em relação a outros. Higa e Hosoume (2005) buscaram quais elementos são apresentados por professores que delineiam tal visão e verificaram que eles adotam o modelo kuhniano para a questão das mudanças de paradigmas, a visão da ciência como construção humana, a crença na existência da realidade, ainda que nunca seja possível saber se ela foi atingida e tomam como absurda uma posição que aceita a possibilidade de se começar pesquisas exclusivamente com observações, sem qualquer teoria.

Portanto, vemos que a discussão sobre aspectos da natureza da ciência com licenciandos e professores se faz necessária para ampliar o número de professores com uma visão mais contemporânea da ciência. No entanto, não se trata de uma tarefa simples. Gatti, Silva e Nardi (2007) realizaram uma intervenção, não descrita em seu artigo, discutindo alguns aspectos na natureza da ciência com alunos da licenciatura em Física e, apesar de identificarem uma melhora nas noções demonstradas pelos alunos durante o estudo, ainda perduraram algumas pré-concepções entre os participantes, dificultando, em certos casos, o desenvolvimento de noções coerentes e uniformes sobre a ciência. Alguns anos depois, Gatti e Nardi (2009), investigando a concepção de cinco professores do Ensino Médio sobre os processos de ensino e aprendizagem e sobre as vantagens e dificuldades de uma abordagem de ensino que considere aspectos históricos e filosóficos, identificaram, neste último tema, que os professores assumem uma falta de conhecimento sobre o assunto, afirmando a existência de preconceitos dos alunos a esta abordagem, falta de materiais adequados e de tempo nas aulas. No entanto, apontam que as

abordagens de aspectos históricos e filosóficos em aula motivam, desmistificam e oferecem uma visão de ciência em construção, além de tratar-se de uma cultura geral.

A preocupação com a imagem de ciência concebida por professores não apareceu apenas em trabalhos brasileiros. Garcia (2004) analisou as concepções de ciência de docentes de uma universidade da Argentina, identificando que a maioria dos professores oscila entre realismo crítico e construtivismo.

2.1.3. Alunos do Ensino Básico

Em relação à concepção de ciências dos alunos da Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio), encontramos que a concepção indutivista é predominante (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002, SOUZA et al, 2007, LUZ; LEAL, 2007, FERNANDES; FILGUEIRA, 2009).

Köhnlein e Peduzzi (2002) ao proporem a estudantes da terceira série do Ensino Médio que, em grupos, construíssem uma pequena história em quadrinhos que mostrasse como eles concebiam o trabalho de um cientista, verificam que os alunos estão muito influenciados por meios de comunicação e veem um cientista esquecido de si mesmo, preocupado com suas experiências de laboratório que levam a descobertas que beneficiam a humanidade. Já os alunos que responderam ao questionário da pesquisa de Souza et al. (2007) que investigavam os conceitos apresentados por estudantes da nona série do Ensino Fundamental sobre o que é ciência, o que é ser cientista e sobre o que é método científico, afirmaram que ciência é uma disciplina para alguns privilegiados intelectualmente, que é “coisa para louco” ou destinada a pessoas extremamente inteligentes. Mendes et al. (2007) realizaram uma pesquisa semelhante, investigando através de questionário, como alunos do Ensino Médio de escolas públicas e privadas veem o físico. Constataram que a maioria dos alunos o enxergam atuando restritamente em escolas de Ensino Médio e Universidades (basicamente no ensino) e alguns ainda confundem o profissional da Física e o de Educação Física, dois campos de trabalho e estudo bem distintos.

No entanto, há pesquisas nas quais identificaram-se alunos que percebem a ciência como um processo em construção (RAMOS; PINTO; VIANNA, 2009, LUZ; LEAL, 2007). Paula e Borges (2002, 2004) ao investigarem algumas ideias sobre

ciência de estudantes da sétima e oitava séries que possuem um professor preocupado em abordar aspectos da natureza desse saber, verificaram que eles relacionam a produção do conhecimento científico com a curiosidade humana (PAULA; BORGES, 2002) e alguns deles consideram o papel imaginação nas teorias científicas e o caráter provisório deste conhecimento (PAULA; BORGES, 2004).

2.1.4. Cientistas

Ainda há duas pesquisas que analisaram a concepção sobre ciência de Albert Einstein. Gurgel e Pietrocola (2005) analisaram como Einstein concebe o papel da imaginação na construção do conhecimento científico. Concluem que este cientista descreve o processo de construção do conhecimento como “livres criações da mente humana”, mas notaram a presença de uma postura realista deste filósofo-cientista, ressaltando que nossas elaborações se submetem a uma estrutura racional que as fazem válidas. Karam (2006), ao identificar a concepção epistemológica da ciência de Einstein, afirmou que a influência empirista em seus primeiros trabalhos é inquestionável, mas que na sequência de sua vida e obra, este cientista passou a criticar vários pressupostos do empirismo. A partir destes resultados, Karam supõe que houve uma considerável mudança nas concepções epistemológicas de Einstein.

2.1.5. Outros

Além dos trabalhos mencionados, há um artigo (RIBEIRO; KAWAMURA, 2008) que ao fazer reflexões sobre o papel da divulgação científica no ensino de Física, apresenta uma reflexão sobre a concepção de ciência divulgada por esses materiais. Muitos apresentam uma ciência neutra, autônoma e independente de contextos. E há uma pesquisa (Neves et al., 2004) que se preocupou em adequar um questionário voltado a compreender as visões de mundo de professores (aplicados em Botswana, Indonésia, Japão, Nigéria, Filipinas, Itália e Brasil em pesquisas anteriores) para uso com alunos.

O mapeamento dos trabalhos que investigaram a concepção de ciência dos vários elementos que envolvem o ensino nos mostra a necessidade de rever os livros didáticos e revela que discussões que envolvem a natureza da ciência ainda

se fazem necessárias, pois ainda que a concepção empírico-indutivista seja predominante no ambiente educacional, há grupos de professores e alunos que apresentam uma visão de ciência mais próxima da contemporânea.

2.2. Reflexão: discussões sobre ciência

Ainda que exista a predominância de uma concepção ingênua de ciência no ambiente educacional, grande esforço tem sido despendido pelos pesquisadores em ensino de ciências para mudar esta visão.

Nos últimos dez anos de eventos do EPEF e SNEF encontrou-se artigos que discutem a construção do conhecimento científico, com o objetivo de ratificar as proposições de uma ciência construída coletivamente, influenciada por questões subjetivas do cientista e por aspectos políticos, sociais e econômicos.

Paula, Aguiar e Castro (2005) argumentam sobre a importância da discussão a respeito do processo de construção do conhecimento científico, além de se ensinar apenas os produtos deste conhecimento no ensino básico. Afirmam que para se alcançar este objetivo é preciso delimitar quais são os aspectos da natureza da ciência a serem contemplados e qual compreensão se pretende alcançar em relação a eles. Neste caminho, Lopes e Jafelice (2009) discorrem sobre a racionalidade das teorias científicas, criticando, com base nos pensamentos de Paul Feyerabend e Maturana, a crescente valorização da razão e do pensamento científico. E a partir de um levantamento histórico sobre esta ascensão, defendem que a aprendizagem de conteúdos específicos e reflexões acerca da ciência devem estar presentes no ensino para se promover um novo senso comum, que perceba que não existe um método rígido e determinado para a investigação científica e de que existem diversos domínios de conhecimentos, igualmente válidos e legítimos. Gama e Zanetic (2009) também discutem a necessidade de uma problematização da autoridade dada à ciência, que têm dimensão exacerbada, segundo a hipótese dos autores, pelo desconhecimento da forma pela qual a ciência é construída. Eles propõem temas da Cosmologia como alicerces para esta discussão, tal como Alves e Henrique (2009), que sugerem temas desta área científica para a discussão sobre a natureza da ciência nos bancos escolares. Já o artigo de Santilli (2000) argumenta sobre a importância de se refletir sobre o método científico, ainda que a maioria dos estudantes não se torne cientista. Conclui que este tipo de discussão permite ao

docente apresentar uma imagem da ciência flexível, aberta, construída pelo homem e não absoluta, sem por erro cair no relativismo perigoso, além de levar os alunos a se envolverem melhor com as ciências. Alvetti e Cutolo (2005) irão dissertar sobre alguns elementos que compõe a comunicação científica. Acreditam que o entendimento de como os cientistas disseminam suas ideias num processo coletivo, com influências sociais, culturais e históricas, pode auxiliar o professor a compreender outros aspectos das discussões da epistemologia da ciência, e, possivelmente, encontrar caminhos para a renovação de sua prática docente e, também, dos conteúdos escolares. Angotti (2006) discute as características de uma Revolução Científica. Critica o uso do termo revoluções científicas para designar momentos da ciência do século XX, que o autor apontaria como Ciência Normal, e alerta para a necessidade de ficarmos atentos às nossas convicções sobre a epistemologia para a demanda do ensino de ciências atual. Também foram encontrados artigos que discutem sobre o papel do modelo na construção das teorias científicas, argumentando que este entendimento auxilia na construção de uma visão mais ampliada e consistente da ciência (BATISTA, 2000, 2004, MACHADO; VIEIRA, 2008).

Seguindo outra abordagem, encontrou-se o trabalho de Queiróz e Nardi (2008), que fazem um levantamento, a partir da análise das atas dos ENPECs e de periódicos, sobre o uso da epistemologia de Ludwik Fleck como referencial na área de ensino de ciências. Os pesquisadores destacam que este referencial mostra que a construção do conhecimento científico não é uma atividade neutra, individual e aleatória.

Ainda, na linha de trabalhos com uma vertente mais teórica, encontrou-se a pesquisa de Cunha, Rodrigues e Silva (2009), que discorrem sobre o uso do termo alfabetização científica. Afirmam que este termo pode estar relacionado a um enfoque econômico, vinculado a uma visão de ciência determinista e neutra, ou a um enfoque social, que envolveria conhecer sobre a ciência e estaria relacionada à tomada de decisões que necessitem deste saber.

Outros trabalhos argumentam sobre o uso da história e filosofia da ciência no ensino para humanizar a ciência, contextualizando-a sócio-culturalmente e

aproximando-a do cotidiano do aluno. (WETPHAL; PINHEIRO; TEIXEIRA, 2005, LOSS; MACHADO, 2005).

Assim, verificou-se que nos últimos dez anos de pesquisas em Ensino de ciências, não faltaram discussões que buscassem promover uma imagem da ciência não neutra, que sofre influências sociais, políticas e econômicas, construída socialmente, por homens comuns, e não grandes gênios, que possuem uma história de vida que pode influenciar escolhas de referências teóricas que norteiam o andamento de suas pesquisas e que se baseiam nos mais diversos métodos de pesquisa, nesta busca incessante de entender, interpretar e representar a natureza. No entanto, percebe-se, como já foi dito a partir do resultado da categoria *Mapeamento*, que é necessário insistir em tais discussões, não só de maneira mais reflexiva, mas também na prática, em estudos que elaborem propostas de ensino que levem tal discussão para a sala de aula e avaliem sua implementação.

2.3. Proposição: investigações com propostas de ensino

Indo ao encontro das argumentações sobre a importância de discussões sobre ciência na formação científica, encontraram-se vários artigos que trazem propostas de ensino para sua realização. Apresenta-se, a seguir, o resultado das pesquisas publicadas nesta última década nas edições do SNEF e EPEF que apresentam sugestões de propostas de ensino a serem aplicadas e outras que já foram realizadas e analisadas.

2.3.1. Propostas de ensino não aplicadas

Apresenta-se a seguir um breve relato destas propostas, agrupando-as conforme a estratégia de ensino utilizada: abordagem histórico-filosófica, relação ciência e arte, e outros.

2.3.1.1. Abordagem histórico-filosófica da ciência

Moura e Silva (2005, 2006, 2008) propõem o estudo histórico de elementos da ótica newtoniana para mostrar o caráter transitório do conhecimento científico e a ciência como construção humana, desmistificar a concepção de método científico universal e a crença nos grandes gênios. Forato, Martins e Pietrocola (2007) sugerem uma releitura dos trabalhos de Isaac Newton para mostrar que a atividade científica pode sofrer influência de questões subjetivas do cientista, evidenciando,

por exemplo, a influência da teologia de Newton em suas pesquisas. Silva e Martins (2008) sugerem o estudo da história da natureza da luz para humanizar a ciência. Ferreira (2008) propõe o estudo sobre as atitudes dos cientistas diante de resultados inesperados em episódios históricos envolvendo trabalhos experimentais para desmistificar a concepção indutivista de ciência. Já Staub e Peduzzi (2003) defendem o uso de episódios científicos como a experiência de Oersted, o problema da suplementação do sistema ptolomaico pelo copernicano, entre outros, para a promoção de uma filosofia não empirista. O uso da história das pesquisas e das descobertas de Hans Christian Oersted também foi citado por Westphal, Pinheiro e Pinheiro (2005) como forma de humanizar a ciência na introdução didática do ensino do eletromagnetismo.

Silva e Silva (2008), através da discussão das hipóteses construídas por Bohr, Kramers e Slater, em 1924, para explicar os fenômenos de interação entre a radiação e a matéria, e Bagdonas, Andrade e Silva (2009), através da utilização do episódio histórico da Cosmologia chamado "Grande Debate", propõem a discussão do caráter provisório do conhecimento científico, da relação entre teoria, experimento e observação e da ciência como uma construção coletiva. Staub e Peduzzi (2005) sugerem o estudo da história da ótica baseado na filosofia bachelardiana em uma disciplina de Evolução dos Conceitos da Física para fazer germinar e crescer uma imagem mais dinâmica da ciência. Já Daniel e Peduzzi (2008) propõem uma problematização de dois artigos "Entrevista com Tycho Brahe" e "Entrevista com Kepler – Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis" para refutar uma possível imagem de ciência descontextualizada e socialmente neutra.

Também encontrou-se Pinto e Zanetic (2000), que propõem um curso de extensão para professores de física do ensino médio com a discussão de temas das físicas clássica e moderna, referenciados em diferentes visões epistemológicas, com o objetivo de discutir/difundir estratégias alternativas para o ensino de física, apoiadas em elementos das filosofias da ciência e da cultura.

Desta forma, verificou-se que a inserção da discussão de aspectos relacionados à natureza da ciência através do uso da história da ciência é uma proposta recorrente entre os pesquisadores. No entanto, Pagliarini e Silva (2006)

alertam que o uso inadequado da história da ciência pode levar o aluno a uma concepção errônea da natureza da ciência, conforme exemplifica, expondo alguns mitos envolvendo episódios relacionados a Arquimedes e à coroa do rei de Siracusa.

Além de trabalhos que sugerem o uso da história da ciência para se promover discussões sobre o fazer científico, com o mesmo propósito, há pesquisas que sugerem a articulação entre ciência e arte para fomentar tais discussões.

2.3.1.2. Ciência e Arte

O artigo de Guerra, Braga e Reis (2003a) retrata como o momento histórico e cultural de uma época influencia o modo que artistas e cientistas interpretam e representam a realidade, com o objetivo de promover a apropriação da ciência como um conhecimento historicamente construído e que constitui, como a arte, mais uma interpretação de mundo. Nory e Zanetic (2005) e Oliveira e Zanetic (2005) sugerem o uso de textos de peças teatrais para problematizar questões éticas, políticas e sociais suscitadas pela Física e pela ciência em geral, de maneira a promover uma visão mais global da ciência. Santos, Silva e Figueiredo (2007) estabelecem uma relação entre a decadência da cultura grega, ao separar razão e emoção, representado pelos deuses Apolo e Dionísio, e a decadência do ensino de Física pelo mesmo motivo. Concluem que para manter um ensino vivo e criativo é preciso resgatar a complementaridade dos aspectos apolíneos e dionisíacos.

2.3.1.3. Outros

O trabalho de Valente, Barcellos e Zanetic (2007) sugere a leitura e discussão de um texto que simula uma entrevista com Einstein para se promover associações entre o conhecimento físico e outros tipos de conhecimentos, além de trazer uma visão de ciência mais ampla. Já Menezes e Moraes (2009) propõem a leitura de um texto que discute o papel da ciência no mundo contemporâneo, a partir de um romance do Machado de Assis, o *Alienista*, para mostrar a ciência como construção humana e filosoficamente contextualizada. Pinheiro, Costa e Moreira (2009) propõem a discussão do texto *Partículas Elementares e Interações Fundamentais na perspectiva do Modelo Padrão*, elaborado por um dos autores do artigo, como meio de desmistificação do método científico como um processo linear e cumulativo.

2.3.2. Propostas de ensino aplicadas e analisadas

Encontramos 25 artigos apresentando o resultado da aplicação de propostas de ensino com o tema relacionado à natureza da ciência. Entre estes, 12 trabalhos apresentaram intervenções realizadas com alunos do Ensino Básico e as outras 13 propostas estão direcionadas à formação de professores.

2.3.2.1. Formação de alunos do Ensino Básico

A maioria dos trabalhos para o Ensino Básico foi elaborada para alunos do Ensino Médio. Apenas um deles (CRUZ; GUERRA, 2009) foi realizado com alunos do Ensino Fundamental. Este último foi uma proposta pedagógica com o objetivo de discutir noções da teoria da Relatividade Restrita com o 9º ano, através da aplicação de um texto que trabalha o conceito de movimento, tendo a história da ciência como eixo condutor. O autor pretendia mostrar, através de episódios históricos, o processo de construção do conhecimento, possibilitando uma discussão do papel da ciência na sociedade contemporânea, de seus métodos e de suas limitações. Os autores concluíram, baseados nas impressões positivas demonstradas pelos alunos já na fase inicial de implementação da proposta, que este tipo de abordagem pode ser um caminho para se diminuir o índice de rejeição ao estudo de física.

Apresentam-se a seguir as propostas de ensino elaboradas para alunos do Ensino Médio, agrupadas conforme o tipo de abordagem adotada para sua construção.

2.3.2.1.1. Abordagem histórico-filosófica

Entre as propostas para alunos do ensino médio, destacam-se as abordagens histórico-filosóficas. Forato, Martins e Pietrocola (2008) apresentam uma proposta utilizando três episódios da história da óptica, com foco nas teorias da luz, a fim de trabalhar dois aspectos da natureza da ciência (NC): que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente e que a natureza não fornece evidências suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades. Os resultados sugerem que os aspectos pretendidos sobre a NC foram compreendidos pela ampla maioria da sala. Quintal e Moraes (2009) apresentam uma proposta de caráter histórico-filosófico que utilizou a história da ciência como eixo condutor e apresentou o desenvolvimento do pensamento

científico no estudo do eletromagnetismo. Os pesquisadores verificaram que a abordagem histórica pode gerar certa resistência em alguns alunos por não apresentar verdades prontas e acabadas, mas que pode ser um elemento importante para uma prática pedagógica que pretenda trazer a ciência para o contexto sociocultural do aluno. Guerra, Reis e Braga (2003b) também propõem a elaboração de um currículo para um curso de eletromagnetismo com enfoque histórico-filosófico, trabalhando a "Naturphilosophie" e a contribuição à ciência trazida por filósofos adeptos ou simpatizantes desta visão de ciência. Da mesma maneira que a proposta de ensino mencionada anteriormente, a utilização da abordagem histórico-filosófica permitiu problematizar a ideia equivocada de uma ciência linear, construída por meio de descobertas de verdades inquestionáveis. Os autores mencionam que os alunos se motivaram bastante com o trabalho em sala e enxergaram a ciência como parte da cultura. Guerra, Braga e Reis (2009), anos depois, apresentaram outra pesquisa com a abordagem histórico-filosófica, mas com o objetivo de trabalhar temas da Cosmologia. Os autores perceberam que os alunos passaram a relacionar a Física com outras disciplinas e que esse olhar filosófico para a Física é um ponto de contato importante com outros campos do conhecimento, possibilitando trabalhos interdisciplinares.

Há artigos que já apresentaram propostas interdisciplinares com abordagens histórico-filosóficas. Sales e Santos (2003) apresentam uma proposta envolvendo História e Física, em que os alunos constroem a linha do tempo desde a Antiguidade até o Século XX. Os pesquisadores perceberam uma dificuldade dos alunos em explicar a ciência grega, dizendo que na época não existia ciência, já que não havia um método científico e experimentos e apontam que é preciso melhorar as discussões referentes estes aspectos. Silva, Bocanegra e Oliveira (2005) apresentam um trabalho interdisciplinar com as disciplinas Física e Química. Através da apresentação de argumentos e fatos históricos, discutiu-se sobre a validação das hipóteses e das teorias, explorando a ideia de modelos científicos e a provisoriedade das formas como a ciência interpreta a natureza. Os pesquisadores notaram que os alunos passaram a assimilar melhor os conceitos básicos da Física e da Química a partir da compreensão de aspectos básicos da natureza da ciência. Bocanegra, Silva e Andrade (2007) realizaram um trabalho envolvendo Física, Química e Filosofia, no intuito de superar visões generalistas, absolutistas e deformadas da

ciência, da atividade científica e do cientista. Discutiram com os alunos aspectos históricos do surgimento da ciência e as principais características básicas da atividade científica – hipótese, raciocínio lógico, dados empíricos, quantificação dos dados, construção de modelos, previsibilidade, comunidade científica e refutação; diferenças entre relatos do senso comum e científicos. As atividades, na perspectiva dos autores, auxiliaram os alunos a compreenderem que a ciência é uma atividade humana e, enquanto tal, sujeita aos aspectos econômicos, éticos e políticos. Balthazar; Oliveira (2009) apresentaram uma proposta envolvendo professores de Física, Química e Biologia, com foco na história da ciência e na relação entre ciência, cultura e outras áreas. Os autores afirmam que a intervenção foi bem sucedida, pois acreditam que os alunos apresentaram uma visão mais crítica a respeito do cientista e da ciência.

2.3.2.1.2. Outros

Há trabalhos que escolheram outras abordagens, diferentes da histórica, com o intuito de promover discussões sobre a ciência nas salas de aula. Silva et al (2005) problematizaram questões sobre o desenvolvimento da ciência através de discussão em grupo sobre excertos de filmes. Uma leitura preliminar dos resultados indicam grande interesse e motivação dos estudantes nesta abordagem de ensino. Cunha e Carvalho (2005), na tentativa de que alunos do ensino médio pudessem perceber a transitoriedade do conhecimento científico, realizaram uma intervenção em que os estudantes fizeram experiências físicas analisadas por duas perspectivas científicas, uma hegemônica, a Mecânica Newtoniana, e uma não hegemônica, a Mecânica Relacional. No artigo não foram apresentados resultados, pois a aplicação da proposta estava em andamento. Soares e Braga (2007) já optaram por trabalhar com questões sobre a origem das crateras lunares, origem do Sistema Solar, algumas importantes descobertas científicas feitas recentemente no Sistema Solar e o significado de uma “prova científica”, para fornecer ao aluno uma visão sobre ciência. Os autores mencionam que houve grande participação dos alunos nas atividades.

2.3.2.2. Formação de Professores

Entre as propostas de ensino voltadas para a formação de professores, encontraram-se trabalhos que optaram principalmente pela abordagem histórico-filosófica e filosófica para promover discussões sobre ciência.

2.3.2.2.1. Abordagem histórico-filosófica

Silveira et al (2009) desenvolveram uma sequência didática que utiliza um episódio histórico envolvendo o movimento relativo, a fim de aprimorar o conhecimento dos alunos de licenciatura em Física em relação ao tema e a compreensão da ciência como construção humana. Os pesquisadores afirmam que o uso da história apresentou um aspecto positivo, pois foi possível a desmistificação da física por parte do aluno, que passou a encará-la como algo em constante transformação. Peduzzi (2004) propôs um texto voltado a um curso de Evolução dos Conceitos da Física: “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, para trabalhar a história da ciência, considerando os pressupostos da filosofia moderna da ciência, no intuito de que os alunos compreendessem a evolução do pensamento científico, a existência de diferentes interpretações para as histórias, do conflito de opiniões, da carga teórica e transitoriedade da ciência. Os resultados indicaram que alunos se distanciaram de uma concepção de senso comum em relação aos temas. Monteiro e Nardi (2007) também apresentaram uma proposta em uma perspectiva histórica, em que licenciandos em Física realizaram um estudo sobre o espectroscópio de chamas. Os pesquisadores avaliaram se tal abordagem influenciaria ou não os planejamentos de ensino dos alunos, como também as visões de ciência. Os resultados indicaram que os licenciandos adquiriram uma visão mais crítica em relação ao conhecimento científico e na análise de como livros didáticos apresentam os conteúdos deste saber. Teixeira e Freire (2007) também analisaram a eficácia de uma abordagem de ensino apoiada na história e filosofia da ciência na melhoria da qualidade da formação dos estudantes de Física de nível superior. Avaliaram um curso em que, além de se realizar discussões explícitas sobre a natureza da ciência, também foram estudados textos originais de cientistas e textos do projeto Harvard. No entanto, não apresentam os resultados dessa análise no artigo estudado.

2.3.2.2.2. Abordagem filosófica

Há outros trabalhos que propõem intervenções que discutem explicitamente características da ciência. Queiroz, Lima e Castro (2003) analisaram as mudanças de concepção acerca da natureza da ciência de um licenciando que participou ativamente de um curso baseado em leitura de textos, apresentação de experimentos e discussões que levassem os alunos a apresentar seus posicionamentos pedagógicos e filosóficos sobre a ciência e o ensino de Física. Os pesquisadores apontam que tiveram sucesso em mostrar ao aluno uma nova imagem da ciência na qual o real, tal como é concebido pelo cientista, é o produto social de um processo cognitivo do sujeito em interação com os objetos observáveis que ele tenta interpretar. Mamede e Zibermann (2005) desenvolveram um curso estruturado em discussões acerca da natureza da ciência e das correntes do ensino de ciências, além da elaboração pelos alunos de projetos de ensino de física. Em relação à epistemologia da ciência, foram constatadas mudanças nas ideias dos alunos quanto ao valor que o conhecimento de filosofia da ciência tem para o professor de ciências.

2.3.2.2.3. Outros

Além das intervenções mencionadas anteriormente, foram encontradas outras propostas voltadas para a formação de professores com as mais diferentes abordagens de ensino. Três delas são de Piassi e Pietrocola (2007a, 2007b, 2008) relacionadas a temas de ficção científica. Na primeira delas, os pesquisadores propõem a leitura de três contos de ficção científica, sendo que um destes tem o objetivo de discutir a formulação e a verificação de hipóteses científicas. Os pesquisadores afirmam que as reflexões de natureza ética parecem ser de especial interesse por parte dos alunos, que a partir do debate se engajam espontaneamente na busca pelo confronto de opiniões a respeito das consequências do conhecimento científico. Nos outros dois trabalhos (2007b, 2008) os autores propõem a análise do filme “Primeiro Contato” para o estudo de temas relacionados aos processos de produção do conhecimento científico. Os resultados indicaram que os alunos desenvolveram outra visão sobre as questões da ciência (2007b) e conseguiram identificar os conflitos envolvendo a ciência apresentados no filme (Ciência, Religião,

Estado) com diferentes tomadas de posição dos estudantes em relação a eles (2008). Brandão, Araujo e Veit (2008, 2009) desenvolveram um curso sobre o processo de modelagem científica para formação continuada de professores através da proposição de tarefas por meio virtual. Ao final do artigo, os pesquisadores analisam os aspectos positivos do curso relacionado à concepção de modelo apresentada pelos professores durante o curso (2008) e referente às atividades propostas pelo software (2009). Teixeira (2000) desenvolveu um curso para professores do ensino fundamental baseado em atividades experimentais. Verificou que após o curso os professores continuaram apresentando a mesma visão indutivista da ciência que tinham anteriormente e analisam as causas deste resultado. Carvalho e Vianna (2000) propuseram que professores acompanhassem a rotina de cientistas e perceberam que a imersão no meio científico proporcionou uma visão da ciência como um empreendimento em construção.

A apresentação das propostas acima possibilita ter-se uma noção dos esforços despendidos pelos pesquisadores em ensino de ciências no desenvolvimento de propostas de ensino no nível prático, permitindo avaliar os sucessos e as dificuldades encontradas para se promover a discussão sobre ciências na sala de aula nesta última década.

2.4. Análise dos resultados e algumas considerações

Ao todo foram analisados noventa e um artigos envolvendo o tema natureza da ciência e ensino, sendo trinta e quatro publicados no EPEF e cinquenta e sete no SNEF, nos últimos dez anos destes dois eventos. A análise indica que há pesquisas que seguem uma linha mais teórica, ao apresentar considerações sobre o processo de produção do conhecimento científico (categoria *Reflexão*, 15%), e outras que se apresentam como investigações aplicadas.⁶ Entre estas, foram encontrados trabalhos envolvendo o mapeamento da concepção de ciências de professores, estudantes e livros didáticos (categoria *Mapeamento*, 34%) ou pesquisas que apresentam sugestões de propostas de ensino a serem aplicadas ou já realizadas e analisadas que procuram estabelecer discussões sobre ciência na formação

⁶ Adotou-se o termo investigação aplicada às pesquisas que possuem em comum a preocupação pelas implicações práticas imediatas, diretamente utilizadas na tomada de decisões práticas ou na melhoria de programas e sua implementação. (Bogdan; Biklen, 1994)

científica de alunos do Ensino Básico ou na formação de professores (categoria, *Proposição* 51%).

Os trabalhos classificados na categoria *Mapeamento* indicam haver a necessidade de se rever os livros didáticos, que em sua maioria apresenta uma visão distorcida da ciência. Em relação à formação de professores e alunos do Ensino Básico, as pesquisas mostram que a insistência em discussões que envolvam a natureza da ciência faz-se necessária, pois ainda que as investigações apontem que a concepção empírico-indutivista seja predominante no ambiente educacional, há pesquisas que encontraram grupos de professores e alunos com uma visão de ciência mais próxima da contemporânea.

De qualquer maneira, verificou-se que os pesquisadores em ensino de ciências já têm despendido grande esforço para alterar tal situação. Na categoria *Reflexão*, há 14 trabalhos dedicados às discussões sobre o tema. Através da análise destas publicações, percebe-se a insistência dos pesquisadores em ratificar uma ciência construída coletivamente, influenciada por questões subjetivas do cientista e por aspectos políticos, sociais e econômicos.

Já a categoria *Proposição* possui 21 trabalhos com propostas de ensino relacionadas a discussões sobre ciência não aplicadas e 25 com propostas realizadas e analisadas. A maioria opta pela abordagem histórico-filosófica da ciência. Entre as propostas não aplicadas, foram encontrados 14 trabalhos desenvolvidos a partir de tal abordagem. Contudo, esta não é a única forma de se discutir sobre o fazer científico. Entre tais propostas de ensino, também aparece a sugestão de se realizar discussões sobre ciência através da relação ciência e arte (GUERRA; BRAGA, REIS, 2003a, NORRY; ZANETIC, 2005, OLIVEIRA; ZANETIC, 2005, SANTOS; SILVA; FIGUEIREDO, 2007) ou a partir da leitura de textos não didáticos sobre o assunto (VALENTE; BARCELLOS; ZANETIC, 2007, MENEZES; MORAES 2009, PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2009). Entre as propostas de ensino aplicadas, também têm-se as abordagens filosóficas (2 trabalhos) ou histórico-filosóficas (13 trabalhos) como predominantes. Porém, os trabalhos encontrados nesta categoria também indicam outras formas de se problematizar a natureza da ciência na formação científica, tal como realização e análise de atividades experimentais (TEIXEIRA 2000, CUNHA; CARVALHO 2005, SOARES; BRAGA, 2007), leitura de textos não didáticos (Piassi; Pietrocola, 2007a), análise de

filmes (SILVA ET AL 2005, PIASSI; PIETROCOLA, 2007B, 2008), uso de software para estudo sobre modelagem científica (BRANDÃO, ARAUJO, VEIT, 2008, 2009) ou imersão no meio científico ao acompanhar a rotina de cientistas (CARVALHO; VIANNA 2000).

As propostas de ensino aplicadas também parecem revelar que a maioria das intervenções (23 de 25 trabalhos) têm conseguido tornar a visão de ciência dos envolvidos nas atividades mais abrangente ao promover reflexões sobre alguns aspectos da natureza da ciência em sala de aula. Entre outros aspectos de sucesso das intervenções, as pesquisas apontam que as atividades promoveram maior participação e motivação dos alunos nas aulas (CRUZ; GUERRA, 2009, SILVA et al., 2005, SOARES; BRAGA, 2007), que os estudantes desenvolveram uma visão mais crítica sobre a ciência (BALTHAZAR; OLIVEIRA, 2009, MONTEIRO; NARDI, 2007), perceberam a ciência como um processo em construção (GUERRA; REIS; BRAGA, 2003b, SILVEIRA et al, 2009, CARVALHO; VIANNA, 2000) e que está sujeita a influências de aspectos econômicos, éticos e políticos (BOCANEGRA; SILVA; ANDRADE, 2007, QUEIROZ; LIMA; CASTRO, 2003). Quanto às duas propostas de ensino que não perceberam grandes mudanças na concepção de ciência dos alunos após o curso, uma atribuiu tal fato à falta de tempo para discussões mais aprofundadas (TEIXEIRA, 2000) e a segunda, ainda que tenha apresentado sucesso em outros aspectos, informou que os alunos apresentaram dificuldades em perceber que a ciência não possui um método único para sua produção (SALES; SANTOS, 2003).

Estas proposições baseiam-se nas conclusões apresentadas pelos artigos analisados. Cabe a ressalva de que nenhuma pesquisa é neutra e que os resultados apresentados podem ser influenciados pelo olhar de cada pesquisador para o problema em questão. Não foi realizada uma análise mais criteriosa das metodologias adotadas pelas investigações que compõem este estado da arte, assumindo-se inicialmente o intuito de categorizar os objetivos e construir um panorama dos resultados divulgados por estas pesquisas.

Também é possível perceber que, devido à complexidade do tema que envolve a natureza da ciência, os pesquisadores têm a necessidade de escolher alguns dentre os vários aspectos relacionados à produção do conhecimento científico para o desenvolvimento das intervenções.

Além disso, verificou-se que o número de pesquisas que apresentam discussões sobre a natureza da ciência e o ensino cresceu consideravelmente de 2007 em diante em relação aos anos anteriores. Em média tínhamos sete trabalhos por evento de 2000 a 2006 e encontraram-se quinze trabalhos publicados em cada evento de 2007 a 2009.

Ano	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Trabalhos	5	2	6	6	15	6	15	15	15

Sabe-se da importância de ampliar esta investigação para além dos eventos nacionais, analisando os artigos publicados em revistas da área de pesquisa em ensino de ciências no âmbito nacional e internacional. Contudo, considera-se que o universo pesquisado traz uma visão abrangente sobre as pesquisas em ensino de física relacionadas à natureza da ciência no âmbito nacional, trazendo subsídios para a contextualização desta investigação na área em questão.

Considerando o aumento do número de trabalhos publicados nestes dois importantes eventos da área de pesquisa em ensino de ciências (EPEF e SNEF) ao longo desta década, pode-se dizer que há uma tendência dos pesquisadores desta área em aprofundar as investigações relacionadas à inserção de discussões sobre a natureza da ciência no ensino. Concorda-se com esta necessidade, tendo em vista a importância de uma visão integral da ciência para o pleno exercício da cidadania em uma sociedade científica e tecnológica. Além de promover uma maior compreensão da dimensão cultural desse conhecimento, o que pode minimizar uma supervalorização desse saber em depreciação de outras formas de ver o mundo, tal como apontam algumas das pesquisas analisadas.

CAPÍTULO 03

A definição de planeta e a natureza da ciência

*Na História, buscamos apreender o significado das transformações,
ou o significado das mudanças de significado.*

Nilson Machado

A partir do pressuposto de que temas da Astronomia podem ser um fator problematizador interessante para se discutir a natureza da ciência, mais especificamente o caso da mudança de categoria do astro Plutão, realizou-se um estudo prévio sobre a construção da definição de planeta ao longo da história e explicitou-se quais elementos da natureza da ciência ficam evidentes ao se estudar tais episódios.

Apresenta-se, em seguida, este breve relato histórico e possíveis articulações com aspectos da natureza da ciência que podem ser feitas e se pretende realizar ao aplicar-se a intervenção proposta neste trabalho.

3.1. Influência do contexto social e cultural nas primeiras observações do céu

A interação do homem com a natureza e as relações estabelecidas com esta ocorreu por vários motivos. Kneller (1980) e Zanetic (1995) conjecturam que de um lado estariam os mistérios e a paixão que envolveram as descobertas de um mundo novo, de outro, a necessidade de se conhecer a natureza por uma questão de sobrevivência. Fares et al. (2004) colocam que as observações do céu foram instigadas por estas mesmas motivações.

Diferentes civilizações, cada uma a sua maneira, teriam observado o céu para fins de localização (FARES et al, 2004), controle da passagem do tempo ou das condições climáticas (ZANETIC, 1995; WEINTRAUB, 2007; PAIXÃO, 2008), conhecimentos importantes para o desenvolvimento da agricultura ou retorno à casa após a caça, exemplos de atividades realizadas para a própria sobrevivência.

Conforme Martins (1990) e Weintraub (2007), ao observar o céu, o homem, desde a Antiguidade, já havia percebido algumas regularidades: o nascer e o pôr do Sol, as diferentes fases da Lua, o aparecimento das constelações. Estas foram mapeadas de maneiras distintas pelas diferentes culturas:

Em lados opostos do mundo, os astrônomos maias e babilônicos, independentemente, organizaram e nomearam estes agrupamentos, principalmente utilizando imagens de animais. Os maias incluíram a cascavel, uma tartaruga, três pássaros, um sapo, um porco, um escorpião, um peixe-cobra, um bastão, um esqueleto, e uma jaguatirica, enquanto os babilônicos escolheram um carneiro, um touro, a figura de gêmeos, um caranguejo, um leão, uma virgem, uma balança, um escorpião, um arqueiro, uma cabra, um aquário, e um peixe. Os gregos passaram a chamar esse bando que habitava o céu de criaturas do zodíaco e as figuras imaginárias formadas de constelação do zodíaco. (WEINTRAUB, 2007, p.9, tradução nossa)⁷

Afonso (2006) nos conta sobre alguns registros de constelações nomeadas por comunidades indígenas brasileiras. As principais constelações indígenas da etnia tupi-guarani, grupos encontrados em todas as partes do Brasil, foram localizadas na Via Láctea. Conforme expõe o pesquisador, encontrou-se mais de 100 constelações nomeadas por estas tribos, que ao serem indagadas sobre quantas constelações existem, afirmam que cada animal terrestre tem seu correspondente celeste em forma de constelação.

A partir das descrições dos pesquisadores mencionados, pode-se inferir que, independentemente da forma como cada civilização registrou suas observações, todas buscavam utilizar esta organização e sistematização do conhecimento como meio para prever os fenômenos relacionados ao seu cotidiano. Os egípcios, por exemplo, conseguiram prever as cheias do rio Nilo, articulando fenômenos celestes e os do cotidiano, através de observações da posição da estrela Sirius. (ZANETIC, 1995; PAIXÃO, 2008). Já os indígenas tupis-guaranis utilizavam e ainda utilizam observações das fases da Lua para escolher os períodos de caça, plantio e corte da madeira, além de associarem a Lua e as marés às estações do ano, conhecimento importante para a pesca artesanal (AFONSO, 2006).

Desta forma, percebe-se que no decorrer da história das constelações há o reflexo direto da busca humana pelo conhecimento do seu meio físico-natural, necessário à sua sobrevivência, sendo esta busca marcante em toda e qualquer organização social. Assim, da mesma forma que vimos os

⁷On opposite sides of the world, Mayan and Babylonian astronomers independently organized and named these groupings mostly for animals. The Maya included a rattlesnake, a turtle, three birds, a frog, a peccary, a scorpion, a fish-snake, a bat, a skeleton, and an ocelot, while the Babylonians chose a ram, a bull, twins, a crab, a lion, a virgin, a balance, a scorpion, an archer, a goat, a water bearer, and a fish. The Greeks came to call this band in the sky inhabited by these creatures the zodiac and the imaginary figures in the sky the constellations of the zodiac.

(WEINTRAUB, 2007, p. 9)

povos europeus mapeando o céu para resolverem seus problemas diários, vamos também visualizar isto em outros grupos étnicos. (FARES et al, 2004, p. 82-83)

O estudo destes primeiros registros da observação do céu, leva-nos a discussão sobre a primeira definição para planeta: “as estrelas errantes”. Conforme Weintraub (2007) e Martins (1990), já na antiguidade, nossos ancestrais perceberam, enquanto faziam as observações do movimento do céu, que havia pontos de luz, parecidos com as estrelas fixas, que se moviam entre estas estrelas. Hoje sabemos que se tratava da observação de alguns planetas: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno. (TANCREDI, 2007; MELLO, 2010). Na época, eles foram chamados de “estrelas errantes”, uma primeira definição para planeta. E conforme nos apontam Zanetic (1995) e Martins (1990), os astrônomos observaram que o movimento dos planetas não parecia circular nem uniforme visto da Terra, ao contrário dos movimentos das estrelas.

Em seu lento movimento em relação à esfera de estrelas, os planetas, em certos pontos, invertem o sentido de seu movimento (“retrogressão”), depois retornam o movimento normal (“direto”). (MARTINS, 1990, p. 46)

Martins (1990) relata que alguns problemas se apresentavam na Antiguidade: Como descrever matematicamente estes movimentos? Como prever a posição dos planetas? Como explicar esses movimentos irregulares?

Para compreender como tais questões foram resolvidas, apresentam-se a seguir algumas informações sobre os modelos de universo de Aristóteles a Copérnico, utilizados para descrever o céu daqueles tempos.

3.2. De Aristóteles a Copérnico

Aristóteles assumia que os corpos celestes eram perfeitos e, portanto, descreviam movimentos circulares, já que os gregos consideravam o círculo a forma bidimensional mais perfeita (WEINTRAUB, 2007). Também haveria a crença que estes corpos celestes giravam em torno de uma Terra imóvel (MARTINS, 1990; ZANETIC, 1995), considerado o centro do universo (MARTINS, 1990; TANCREDI, 2007).

Nos séculos seguintes, segundo Weintraub (2007), muitos astrônomos, como Aristarco, Hiparco, Ptolomeu, construíram modelos matemáticos para a versão geocêntrica do universo, que teriam permitido, aliados a outros estudos e

observações, previsões cada vez mais rigorosas dos movimentos dos corpos celestes. No entanto, Zanetic (1995) nos chama a atenção de que o modelo não conseguiu resolver uma série de questões, tal como oferecer uma explicação convincente sobre o movimento retrógrado dos planetas ou explicar a ordem de afastamento dos planetas em relação ao Sol. Mas, utilizando-se de diferentes artifícios geométricos para tentar driblar tais dificuldades, esta visão de mundo se estendeu por mais de um milênio e meio (ZANETIC, 1995; WEINTRAUB, 2007).

Esta concepção teria se fortificado não só pelo sucesso de algumas previsões baseadas nos modelos matemáticos do universo geocêntrico, destacando-se o construído por Ptolomeu, um trabalho que sintetizou a astronomia grega daquele período (ZANETIC, 1995), mas também, porque os valores do modelo geocêntrico iam ao encontro das crenças do cristianismo (WEINTRAUB, 2007).

Neste contexto, Copérnico, em torno de 1510, teria redigido sua primeira apresentação pública do seu sistema heliocêntrico (MARTINS, 1990; ZANETIC, 1995), o *Commentariolus*, no qual apresentou suas sete exigências ou axiomas revolucionários:

1. não existe um centro único de todos os orbes celestes ou esferas.
2. O centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar.
3. Todos os orbes giram em torno do Sol, como se ele estivesse no meio de todos; portanto, o centro do mundo está perto do Sol.
4. A razão entre a distância do Sol à Terra e à altura do firmamento é menor do que a razão entre o raio da Terra e a sua distância ao Sol; e com muito mais razão esta é insensível confrontada com a altura do firmamento.
5. Qualquer movimento aparente no firmamento, não pertence a ele, mas à Terra. Assim a Terra, com os elementos adjacentes, gira em torno dos seus pólos invariáveis em um movimento diário, ficando permanentemente imóveis o firmamento e o último céu.
6. Qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele mas pela Terra e pelo nosso orbe, com o qual giramos em torno do Sol como qualquer outro planeta. Assim, a Terra é transportada por vários movimentos.
7. Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes não pertencem a eles mas à Terra. Apenas o movimento desta é suficiente para explicar muitas das irregularidades aparentes no céu. (COPÉRNICO, 1990, p. 114-117)

Zanetic (1995) aponta que com o modelo heliocêntrico foram resolvidos vários problemas que levaram o geocentrismo à crise. Já Martins (1990) afirma que a maior

contribuição de Copérnico foi sua tentativa de explicar as observações de céu a partir de uma Terra em movimento e elaborar uma matemática detalhada para tais observações. Porém, conforme apontam estes pesquisadores, muitas argumentações, discussões e trabalhos foram feitos por outros pensadores, após a morte de Copérnico, para que suas ideias viessem a suplantar o sistema aristotélico-ptolomaico.

A vitória da revolução copernicana, de qualquer forma, só ocorreu após a articulação do paradigma de Copérnico realizada por figuras do porte de Giordano Bruno, Galileu, Kepler, Isaac Newton e muitos outros que, dos mais diferentes modos deram consistência a ideias e conceitos ainda frágeis, forjaram uma nova metodologia, resolveram problemas velhos e novos, enfim, começaram a construção de um mundo novo. (ZANETIC, 1995, p. 67)

Estes episódios, sobre a transição do modelo geocêntrico para o heliocêntrico, trazem alguns elementos que podem mediar um retorno à discussão sobre a natureza da ciência. Pode-se destacar, por exemplo, que este processo não foi linear e obra de gênios isolados, mas que envolveu a contribuição de inúmeros cientistas ao longo da história.

Muito mais haveria a dizer sobre este fantástico episódio da história da física. Porém, uma das lições que devemos reter do que acima foi apresentado é que a construção do conhecimento não percorre trajetórias suaves, lineares e sem choques e contradições. (ZANETIC, 1995, p.65).

3.3. O encontro de mais objetos no céu

Após as muitas idas e vindas e divergências envolvendo os modelos de Universo, Weintraub (2007) afirma que em 1650 os astrônomos já haviam se convencidos de que a Terra não era o centro do universo, e sim mais um planeta dos onze que compunham o universo: seis deles orbitando em torno do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno); um em torno da Terra, a Lua; e quatro em torno de Júpiter, os satélites de Júpiter.

A descoberta de mais um planeta, segundo Weintraub (2007) e Tancredi (2007), ocorreu em 1781, quando o astrônomo William Herschel observou Urano. A princípio, Herschel acreditou que teria descoberto um novo cometa, mas após novas observações e medições realizadas pela comunidade científica, Urano foi declarado planeta.

Tancredi (2007) e Weintraub (2007) narram que, aproximadamente 20 anos mais tarde, o astrônomo Giuseppe Piazzi observou Ceres, localizado entre Marte e Júpiter. A princípio, Ceres foi considerado planeta, no entanto, quando outros corpos celestes similares a Ceres foram encontrados na mesma região, o astrônomo Herschel sugeriu uma nova nomenclatura para estes objetos: asteróides (WEINTRAUB, 2007; TANCREDI, 2007; MELLO, 2010). Porém, muitos astrônomos discordaram desta proposta, pois consideravam que estes novos objetos eram planetas (WEINTRAUB, 2007). Mas, com o aumento do número de corpos celestes encontrados nesta região, os anuários astronômicos, pouco a pouco, passaram a utilizar a nova denominação proposta por Herschel (MELLO, 2010). Weintraub (2007) afirma que a descoberta de Netuno, em 1846, também pode ter influenciado a aceitação da nova nomenclatura.

Netuno foi localizado a partir de previsões baseadas na análise dinâmica da órbita de Urano. Muitos astrônomos teriam contribuído com previsões relativas à localização deste astro (WEINTRAUB, 2007) até que Johann Gottfried Galle o observou pela primeira vez, localizado a menos de um grau da posição prevista pelos cálculos teóricos do astrônomo francês Urbain Le Verrier. (WEINTRAUB, 2007; TANCREDI, 2007)

Após a observação de Netuno, muitos astrônomos se animaram pela busca de novos planetas, através da análise da órbita de Netuno (WEINTRAUB, 2007). Iniciou-se uma nova caçada ao próximo Planeta X.

3.4. Em busca do Planeta X: Plutão

Segundo Stern; Mitton (1998) e Weintraub (2007), Percival Lowell foi um dos personagens que se destacou na busca pelo Planeta X, além do astrônomo William H. Pickering que, independentemente, fizeram várias previsões da possível localização do planeta. No entanto, Lowell teria sofrido um derrame cerebral e falecido em novembro de 1916 sem localizar Plutão (STERN; MITTON, 1998), enquanto Pickering continuou as buscas também sem sucesso (WEINTRAUB, 2007). Contudo, conforme Stern e Mitton (1998), os assistentes de Lowell, dirigidos por Vesto M. Slipher, teriam continuado as pesquisas por ele iniciadas.

Stern e Mitton (1998) nos contam que em 1925, em prol da busca pelo Planeta X, obsessão de Percival, um familiar de Percival contribuiu financeiramente

para a compra de um novo telescópio para o Lowell Observatório. Com isso, o diretor Sliper, em 1928, próximo à chegada do novo telescópio, contratou um novo técnico para auxiliar nas pesquisas, Clyde Tombaugh, que observou Plutão pela primeira vez em 1930. (STERN; MITTON, 1998; WEINTRAUB, 2007, TANCREDI, 2007, MELLO, 2010)

A procura pelo Planeta X por longas décadas foi impelida por duas motivações – uma científica e outra mais instintiva. Primeiro, a existência de numerosas evidências observacionais no começo daquele século de que algum objeto invisível estava arrastando Urano e Netuno, causando-lhes um curso no céu diferente das previsões. Segundo, havia uma atração intrínseca – a atração de se encontrar um novo mundo, de se fazer uma marca nos anais imortais de descobertas, inspirados no velho moinho de Quixote. (STERN; MITTON, 1998, p.9, tradução nossa)⁸

3.5. Plutão: mais um planeta no céu?

A categoria planeta para Plutão sempre foi questionada. Segundo Weintraub (2007), a massa de Plutão seria menor do que o previsto por Lowell e Pickering. Tancredi (2007) afirma que a pequena dimensão de Plutão e a inclinação de sua órbita, muito maior em relação ao plano onde se encontram os demais planetas, também eram motivos para colocarem a classificação atribuída a este corpo celeste em dúvida.

Em 1978, James Christy, descobriu que Plutão tinha uma lua, Caronte. Mello (2010) relata que o estudo do movimento de Caronte permitiu determinar o diâmetro de Plutão e a percepção de que Plutão seria maior que asteroides, mas menor que a Lua. E em 1999, teria ocorrido uma primeira tentativa de mudar o status de Plutão, sem sucesso, pois julgou-se que tal decisão não prejudicava ninguém e evitava confusão entre os estudantes e professores de todo mundo (MELLO, 2010).

No entanto, desde 1992, um número cada vez maior de corpos celestes foi localizado na região após o planeta Netuno, região conhecida como Kuiper Belt, com órbitas muito similares a de Plutão. Em 2005, Éris foi localizado, um objeto da região do Kuiper Belt (KBO), com diâmetro maior do que o de Plutão. E, conforme ressalta Mello (2010), a história de Ceres se repetiu: ou Plutão tornava-se um dos maiores

⁸The decades-long search for planet X had been driven by two motivations – one scientific, one more instinctive. First, there had been the mounting observational evidence in the early part of the century that some unseen object was tugging at Uranus and Neptune, causing its course on the sky to differ from predictions. Second, there was the sheer lure of it – the attraction of finding a new world, of making a mark on the immortal annals of discovery, of tilting at Quixote's old windmill.

(STERN; MITTON, 1998, p.9)

asteroides da região do Kuiper Belt ou Ceres e Éris também deveriam ser considerados planetas.

Para pensar nestas questões, Tancredi (2007) relata que a União Astronômica Internacional (UAI) formou uma comissão que elaborou uma proposta com critérios que caracterizariam um planeta, apresentada e aceita na 26ª Assembleia Geral da UAI, ocorrida em Agosto de 2006. (UNIÃO ASTRONOMICA INTERNACIONAL, 2006)

3.6. A reunião da União Astronômica Internacional (IAU)

Conforme registros da IAU, de três em três anos, é promovida uma Assembleia Geral que inclui reunião de cunho administrativo e um programa científico. A 26ª Assembleia Geral da IAU ocorreu em 2006, e, entre várias discussões, foram decididas seis resoluções, duas delas nos ajudam a entender a nova categoria de Plutão: Resolução 5: Definição de planeta e Resolução 6: Definição dos objetos da classe de Plutão. (UNIÃO ASTRONOMICA INTERNACIONAL, 2006)

Os membros da IAU na Assembléia Geral de 2006 concordaram que um planeta é definido como um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem massa suficiente para que sua auto-gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que ele assume uma forma de acordo com o equilíbrio hidrostático (aproximadamente redondo), e (c) limpe a vizinhança em torno de sua órbita.

Isto significa que o Sistema Solar consiste de oito "planetas" Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Uma nova categoria de objetos chamados "planeta anão" também foi decidida. Concordou-se que "planeta" e "planeta anão" são duas categorias distintas. Os primeiros membros da categoria "planeta anão" são Ceres, Plutão e 2003 UB313 (nome temporário). (UNIÃO ASTRONOMICA INTERNACIONAL, 2006, tradução nossa)⁹

Contudo, a discussão sobre a definição de planeta ainda não acabou. Montes e Costa (2006), ao compilarem as informações do boletim informativo da Astronomia

⁹The IAU members gathered at the 2006 General Assembly agreed that a "planet" is defined as a celestial body that (a) is in orbit around the Sun, (b) has sufficient mass for its self-gravity to overcome rigid body forces so that it assumes a hydrostatic equilibrium (nearly round) shape, and (c) has cleared the neighbourhood around its orbit.

This means that the Solar System consists of eight "planets" Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune. A new distinct class of objects called "dwarf planets" was also decided. It was agreed that "planets" and "dwarf planets" are two distinct classes of objects. The first members of the "dwarf planet" category are Ceres, Pluto and 2003 UB₃₁₃ (temporary name). (UNIÃO ASTRONOMICA INTERNACIONAL, 2006)

On-line, enumeram uma série de críticas que Alan Stern, pesquisador que chefiou a missão New Horizons da NASA com destino a Plutão, apresentou para a nova definição de planeta.

Ele diz que apenas quatro dos oito planetas mencionados na definição da UAI na realidade encaixam nos critérios da definição - a Terra, Marte, Júpiter e Netuno, não. Isto é devido à definição estipular que para ser um planeta, um objeto tem que ter "limpo" a sua vizinhança em torno da sua órbita. Mas os arredores orbitais da Terra estão cheios de milhares de asteróides, diz Stern. (...) Stern é também crítico do fato de apenas os astrônomos presentes poderem ter votado, que ocorreu no fim da assembleia de duas semanas. Não foi permitido o voto por e-mail na decisão - foi um levantar de mãos - e isso significa que menos de 5% dos quase 9.000 membros da UAI realmente votaram. (MONTES; COSTA, 2006)

Apesar de discussões desta natureza, Mello (2010) afirma que seria conveniente acatar a orientação representada pela resolução aprovada pela UAI para que um padrão comum possa ser adotado pelos livros didáticos e ensinado aos mais jovens.

Para entendermos e acompanharmos as futuras decisões envolvendo a organização do conhecimento sobre o céu, cabe a nós compreendermos esta história e acompanharmos os próximos acontecimentos.

3.7. O caso Plutão e a natureza da ciência

Os episódios que envolveram a “definição” para planeta ao longo da história evidenciam algumas características da natureza da ciência.

As mobilizações e divergências deflagradas para se resolver e formalizar quais são os atributos de um planeta, acaloradas com a descoberta de Éris, mostram, por exemplo, que não existe consenso entre os membros da comunidade científica sobre algumas de suas resoluções e que este saber está em processo de construção, uma visão que se opõe a uma possível concepção dogmática e fechada da ciência.

A isto se pode acrescentar o fato de que uma primeira tentativa de mudar o status de Plutão teria ocorrido em 1999, sem sucesso, baseada no julgamento de que mantê-lo como planeta não prejudicava ninguém e evitava confusão entre estudantes e professores de todo o mundo (MELLO, 2010). Episódio que ilustra

como fatores culturais e sociais podem influenciar a organização do conhecimento científico.

As várias mudanças das categorias de alguns dos corpos celestes de acordo com o modelo de universo, geocêntrico ou heliocêntrico, exemplificam o caráter transitório e temporário do conhecimento científico. Tal como os casos de Ceres e Plutão, que tiveram sua classificação alterada em consequência das implicações decorrentes de descobertas de asteroides ao seu redor.

Além desses, os eventos que envolveram a descoberta de novos corpos celestes, evidenciam a natureza cooperativa do trabalho científico. A importância das contribuições de Percival Lowell e Willian H. Pickering para a descoberta de Plutão ilustra este fato. Esta percepção pode favorecer uma visão menos individualista e elitista da ciência, evitando-se a crença de uma ciência construída por gênios isolados.

A Tabela 01 a seguir sistematiza esta articulação entre os episódios da história da definição de planeta e as características da natureza da ciência que a eles foram relacionados.

Tabela 01: Episódios da definição de planeta X natureza da ciência

Episódios	Natureza da ciência
Previsões das posições de possíveis planetas	Natureza cooperativa do trabalho científico
Tentativa de mudar o status de Plutão em 1999	Influência de fatores culturais e sociais
Divergências sobre os atributos de um planeta	Ciência como construção humana
Mudança da categoria de vários corpos celeste	Caráter transitório e temporário do conhecimento científico

O breve relato histórico apresentado neste capítulo articulado com características do fazer científico indica o potencial do uso desses episódios no ensino, com o intuito de se promover um maior entendimento sobre a natureza da ciência. A expectativa é que explicitar tais relações possa contribuir com subsídios para se promover um melhor entendimento sobre a transitoriedade da ciência e uma postura mais questionadora frente este saber.

CAPÍTULO 04

Proposta de ensino: as atividades

A história da definição de planeta, que implicou na reclassificação de Plutão, revela a ciência como construção humana, que sofre influências de fatores culturais e sociais. Além de explicitar a natureza cooperativa do trabalho científico e o caráter transitório e temporário desse saber, conforme explicitado no Capítulo 02. A proposta de ensino, que aqui será apresentada, foi estruturada considerando a possibilidade da percepção desses elementos do fazer científico pelos alunos. Ao construí-la, além de trazer à tona estas questões, tem-se a pretensão de acompanhar o envolvimento dos alunos nas atividades e verificar o quanto a vivência da proposta pode influenciar ou não a percepção dos estudantes sobre a transitoriedade da ciência e o grau de autoridade atribuído a este saber.

Para o desenvolvimento da proposta adotou-se como modelo metodológico os Três Momentos Pedagógicos (3MP), denominados *Problematização Inicial*, *Organização do conhecimento* e *Aplicação do conhecimento*. Trata-se de organizadores do trabalho que procuram garantir o uso sistemático do diálogo. (PERNAMBUCO, 1994).

Os 3MP originaram-se da tentativa de se por em prática, no contexto da educação formal, a *educação problematizadora* de Paulo Freire, tendo como referência três grandes projetos: um desenvolvido na África (na Guiné Bissau), e dois no Brasil (um no Rio Grande do Norte e o outro no município de São Paulo). (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2010)

Na *Problematização Inicial (PI)* há a introdução das questões e/ou situações para discussão com os alunos. É o momento em que o professor estimula os alunos a falarem sobre o tema. Nesta etapa o professor pode compreender a posição dos alunos frente às questões em pauta. A função do professor é fomentar questionamentos mais do que responder e fornecer explicações. (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992; PERNAMBUCO, 1994).

Neste momento problematiza-se o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral a partir de poucas questões propostas, inicialmente discutidas num pequeno grupo, para após explorarem-se as posições dos vários grupos com toda a classe, no grande grupo. (...) O ponto culminante desta problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da

aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado. (DELIZOICOV, 2001, p. 142)

O estudo dos saberes ainda não conhecidos ou bem compreendidos, necessários para o entendimento do tema central e da problematização inicial, ocorre na etapa da *Organização do Conhecimento (OC)*. Neste momento, sob a orientação do professor, realiza-se o estudo do conteúdo programático (definições, conceitos, relações, leis) que possibilitam um entendimento mais profundo das questões propostas inicialmente. As mais variadas atividades podem ser realizadas para a compreensão dos conceitos selecionados: exposição pelo professor de definições, propriedades, etc, discussões de textos previamente preparados, resolução de problemas e exercícios propostos em livros didáticos, realização de atividades experimentais, entre outras. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992).

O terceiro momento, a *Aplicação do Conhecimento (AC)*, é a síntese do que foi discutido, onde há um retorno às questões iniciais e o emprego dos conceitos aprendidos em outras situações, que podem não estar diretamente relacionadas ao assunto inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (PERNAMBUCO, 1994, DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos a ir empregando os conhecimentos na perspectiva de formá-los a articular constante e rotineiramente a conceituação física com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas físicas. Independentemente do emprego do aparato matemático disponível para se enfrentar esta classe de problemas, a identificação e emprego da conceituação envolvida, ou seja, o suporte teórico fornecido pela física é que está em pauta neste momento. É o potencial explicativo e conscientizador das teorias físicas que deve ser explorado. (DELIZOICOV, 2001, p. 144)

A proposta de ensino apresentada neste trabalho é composta de seis atividades que, em conjunto, procuram sistematizar os 3MP: Atividade I a (PI), Atividades II, III e IV a (OC) e as Atividades V e VI a (AC). A intervenção foi planejada de maneira a tentar garantir a participação do aluno durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Para isso, não só a estrutura da proposta se baseia no modelo dos 3MP, como cada atividade que a compõe, de forma que a (PI), a (OC) e a (AC) estão presentes, a todo o momento, em cada atividade.

A Atividade I procura colocar a nova definição de Plutão (planeta-anão) como um problema a ser enfrentado. Além de conhecer o que os alunos sabem sobre este tema, o objetivo deste momento é que os alunos conheçam as controvérsias que envolveram a reclassificação de Plutão e algumas das razões de tais divergências.

Na Atividade II procura-se colocar em discussão a história da descoberta e classificação dos planetas do Sistema Solar. Este estudo, além de fornecer elementos que permitem compreender como os planetas do Sistema Solar foram observados pela primeira vez, também pode auxiliar na percepção do caráter transitório e temporário do conhecimento científico, que se revela ao se estudar as mudanças de classificação sofridas por vários corpos celestes ao longo da história, e também pode auxiliar na percepção da ciência como um empreendimento construído coletivamente, considerando-se, por exemplo, a importância das contribuições feitas por vários pensadores, tais como, Copérnico, Giordano Bruno, Galileu, Kepler, Isaac Newton, dentre outros, para consolidar as ideias do heliocentrismo.

A Atividade III procura problematizar questões relacionadas aos métodos de determinação de distância, diâmetro e massa dos planetas. Este estudo fornece elementos para se compreender a dificuldade da observação dos planetas mais distantes e das estimativas de suas dimensões. Tal entendimento ajuda a compreender as origens das controvérsias relacionadas às medidas de diâmetro e massa de Plutão.

A Atividade IV busca uma maior compreensão do Sistema Solar ao se promover a comparação das características de planeta, planeta-anão, asteroides e cometa. Além disso, procura permitir um maior entendimento sobre a importância dos esquemas de classificações para a construção do conhecimento científico.

A Atividade V procura estimular o aluno a utilizar os conhecimentos adquiridos até o momento para se posicionar em relação à definição de planeta e a classificação de Plutão.

E a Atividade VI propõe um momento de auto-avaliação e síntese do que foi discutido ao longo do curso.

A seguir, descreve-se cada uma das atividades em detalhes, optando-se por apresentá-las agrupadas de acordo com o tema em discussão e mantendo a mesma ordem temporal de suas aplicações.

4.1. Atividade I: Controvérsias sobre o caso Plutão

Iniciou-se o curso questionando o que os alunos sabiam sobre Plutão não ser mais considerado planeta. Com esta *problematização inicial*, a partir das falas dos alunos, procurou-se estimular questionamentos e o interesse pelo problema.

Em um *segundo momento*, com o objetivo de *fornecer novos subsídios* (OC) para uma maior compreensão das divergências que envolvem o caso Plutão, foi proposta a leitura de dois textos de divulgação científica, que foram adaptados para fins didáticos, sobre o assunto. Um texto do Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) publicado em 1999 (“O Planeta Plutão”, Boletim da SAB, volume 18, nº 2, 1999, p. 39-42) e o outro da revista impressa mensal Scientific American Brasil, assinado por Steven Soter e publicado em 2007 (“O que é um planeta?”, Scientific American Brasil, nº57, 2007, p. 30-37) .

A escolha do texto publicado em 1999 deve-se ao fato de que sua leitura poderia ilustrar os primeiros discursos controversos sobre o tema, uma vez que naquele ano o assunto percorreu a mídia mundial, tendo em vista a primeira tentativa de mudar a classificação de Plutão pela União Astronômica Internacional (IAU) (MELLO, 2010). Já o texto da Scientific American, publicado em 2007, foi selecionado por trazer informações sobre os novos critérios estabelecidos pela IAU em 2006 para definir um planeta, nos quais Plutão não se enquadra, e algumas das posições contrárias aos novos critérios adotados. Os textos mencionados encontram-se no Anexo IV.

Na tentativa de direcionar a leitura e discussão do texto, realizada em pequenos grupos de 4 a 5 alunos, de maneira que os alunos percebessem os principais conflitos envolvendo a nova definição de Plutão, elaborou-se um conjunto de questões que solicitavam que os alunos enumerassem quais são as controvérsias/discussões em relação a Plutão apresentadas nas reportagens e por que estas divergências apareceram. Pediu-se também que fossem identificados os argumentos a favor e contra a nova classificação de Plutão (ANEXO V).

Ao final, para construir uma *síntese sobre o assunto (AC)*, os alunos apresentaram brevemente os resultados da análise das reportagens para toda a classe. Há elementos que podem não ser abordados pelos alunos, cabendo ao professor trazer tais questões para discussão.

Apresentam-se na Tabela 02 as situações controversas selecionadas sobre o caso Plutão citadas nas reportagens e quais conhecimentos supõem-se serem necessários para o entendimento do problema. Esta tabela pode ser construída com os alunos e esquematizada no quadro negro ao longo da discussão. Os assuntos nela mencionados são temas das próximas atividades. Sendo assim, esta atividade também funciona como problematizadora destes temas.

Tabela 02: Síntese da discussão da Atividade I

Controvérsia	Razões	Questões para discussão
Classificar Plutão como planeta, asteroide ou cometa	Diâmetro Massa	Como se observa um planeta? Como se mede a massa e o tamanho de um planeta?
	Ter a Lua Caronte Tamanho de Eris Composição e órbita de Plutão	Quais são os critérios de classificação de planeta, asteroide e cometa?

4.2. Atividade II: Descoberta dos planetas

Para compreender porque os valores da massa e do diâmetro de Plutão variaram ao longo do tempo e porque estas medidas são tão controversas e estão entre as razões da reclassificação de Plutão, faz-se necessário compreender como estas medidas foram feitas e as dificuldades de se fazer tais medições. Conhecer como os planetas foram e são observados ajuda a entender como se mede o diâmetro e massa destes corpos celestes. Na tentativa de fornecer elementos para se compreender como os planetas do Sistema Solar foram observados pela primeira vez, a Atividade II propõe o estudo de alguns episódios sobre a descoberta dos planetas.

Para isso, realizou-se uma exposição sobre o tema, utilizando-se uma apresentação em datashow (Anexo VI) para ilustrar a discussão.

A princípio, como *problematização inicial*, foi proposto que os alunos tentassem responder por que as medidas do diâmetro e massa de Plutão mudaram ao longo do tempo.

Após colocar o problema para os alunos e discutir que as dificuldades de se fazer tais medições estão relacionadas com a forma como os astros são observados, realizou-se uma conversa sobre a descoberta dos planetas. Iniciou-se *tal estudo (OC)* contando como alguns planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) já eram conhecidos na antiguidade: pontos de luz que se moviam em relação ao demais, aparentemente imóveis. E para que os alunos compreendessem melhor esta ideia, foi proposto que eles encontrassem, ao comparar fotos do céu impressas do Stellarium (ANEXO VII), de mesmo dia e mês, mas anos distintos, o planeta movendo-se entre as estrelas. As fotos impressas foram apresentadas em transparências para que fosse possível uma sobreposição de imagens de maneira a facilitar a percepção de que as estrelas permaneciam na mesma posição do céu, diferentemente do planeta.

Além disso, comentou-se sobre as distintas classificações de um mesmo corpo celeste de acordo o modelo de universo adotado e sobre o trabalho de muitos pensadores, entre eles, Copérnico, Giordano Bruno, Galileu, Kepler e Isaac Newton, para que as ideias do heliocentrismo fossem aceitas.

Também se ressaltou que a descoberta de mais planetas no céu além daqueles já vistos a olho nu só foi possível com o desenvolvimento de equipamentos de observação, tal como a luneta e o telescópio e explicou-se como foi prevista a localização de Netuno e Plutão através da Lei da Gravitação Universal.

Após esta discussão, *para um retorno às questões iniciais e uma síntese do que foi discutido (AC)*, entregou-se aos estudantes o texto *A descoberta dos planetas do Sistema Solar (ANEXO VIII)*, uma transcrição da apresentação realizada pelo professor, acompanhado de dois questionários. Em um deles, o questionário *Pensando o trabalho científico (ANEXO IX)*, solicitou-se que os alunos identificassem, após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, situações que revelassem trabalho cooperativo dos cientistas, o caráter transitório do conhecimento científico e outras características da natureza da ciência que eles perceberam ao estudarem os episódios em questão. O segundo questionário, denominado *Explorando o assunto (ANEXO X)*, procurou mapear se os alunos perceberam o papel da teoria na descoberta dos planetas. A intenção desta segunda etapa da Atividade II foi chamar a atenção dos alunos para tais elementos da

natureza da ciência, características que ficam evidentes na narrativa sobre a história das descobertas dos planetas.

4.3. Atividade III: Medidas Astronômicas

Durante a aplicação das duas primeiras atividades descritas anteriormente, foi possível perceber que os alunos tinham pouca noção ou dificuldade de imaginar a dimensão do Sistema Solar. Chegou-se a esta percepção considerando algumas colocações dos alunos, tal como questionar se Plutão está mesmo tão longe ou porque o homem já foi à Lua, mas, até hoje, não visitou outros planetas. Isso os impedia de ter uma melhor compreensão das dificuldades envolvidas na tomada de dados do Sistema Solar.

Por isso, foi proposta uma atividade que melhor concretizasse o significado das medidas de distância e diâmetro dos planetas no Sistema Solar (LEITE, 2006). Dessa forma, desenvolveu-se a construção do Sistema Solar em escala, na tentativa de mostrar a natureza dos valores envolvidos e as dificuldades da ciência em estudar estes objetos e fenômenos em distâncias tão grandes. Uma vez que o assunto central é saber como a ciência determina estas medidas, em seguida, foram propostas discussões sobre os métodos de determinação de distância, diâmetro e massa dos planetas.

Esta atividade fornece elementos para que os alunos compreendam as origens das controvérsias relacionadas às medidas de diâmetro e massa de Plutão.

4.3.1. Construção do Sistema Solar em escala¹⁰

Em um *primeiro momento*, foi entregue uma tabela com os valores do diâmetro médio e distância média dos planetas ao Sol para que os alunos entrassem em contato com estes números (PI). Posteriormente, os cálculos necessários para as conversões de tais valores para uma escala adequada à construção do Sistema Solar foram apresentados, preenchendo-se a tabela com estas medidas (OC). O *terceiro momento* desta atividade foi construir o Sistema Solar (AC), pois acreditamos que apenas a visualização dos valores da tabela não seria suficiente para se construir uma boa noção de suas dimensões.

¹⁰ Esta intervenção é uma adaptação de uma atividade proposta na tese de Leite (2006).

Através da montagem do Sistema Solar em escala é possível visualizar melhor não apenas as relações de tamanho como as de distância e, assim, o espaço característico do Sistema Solar, tornando possível a compreensão, por exemplo, de como é grande a distância entre os planetas. (LEITE, 2006, p. 90)

Como a montagem foi feita em sala de aula, sentou-se em círculo para desenrolar o barbante. Conforme as marcações das posições dos planetas iam aparecendo, o respectivo planeta era inserido na montagem.

O ideal seria que os próprios alunos tivessem confeccionado os planetas e feito às marcações no barbante. Além disso, para facilitar a visualização da distância, seria interessante que o Sistema Solar fosse montado em espaço aberto.

Um roteiro foi elaborado para auxiliar o encaminhamento desta atividade. Nele há todas as falas e sequências de problematizações planejadas para a aula. A leitura deste texto pode ajudar a compreender como esta atividade foi realizada na prática. O roteiro encontra-se no Anexo XI.

4.3.2. Determinação das distâncias dos planetas

Após a apresentação da montagem do Sistema Solar em escala, promovendo uma melhor compreensão do significado das medidas das distâncias planetárias, colocou-se em discussão o processo de determinação destes valores.

Como *problematização inicial*, perguntou-se aos alunos se eles imaginavam como era possível saber as medidas das distâncias dos planetas em relação à Terra, uma vez que estes astros encontram-se tão longe.

Em seguida, para trazer subsídios para a compreensão desta questão, realizou-se uma explicação de como estas medidas foram feitas ao longo da história (OC). Apresentou-se como Aristarco de Samos conseguiu ter uma noção do quão distante o Sol está da Terra se comparada à distância da Terra-Lua. Em seguida, discutiu-se o raciocínio utilizado por Copérnico para comparar as distâncias planetárias em relação à distância Terra-Sol. E, para finalizar, estudou-se o processo de medida de distâncias por paralaxe e radar.

Este estudo ajuda a compreender as dificuldades que envolvem as medições astronômicas e a perceber que, além do desenvolvimento tecnológico, para se obter

medidas cada vez mais precisas, foi preciso o desenvolvimento da própria ciência, propondo novas formas de se fazer tais medições.

Para que os alunos pensassem na relação entre as distâncias dos planetas e a dificuldade de se fazer estas medições, ao final da aula, eles foram convidados a refletir, mais uma vez, nas razões das medidas das dimensões de Plutão terem mudado ao longo do tempo (AC).

O roteiro utilizado para encaminhar a aula, com todas as ideias e problematizações planejadas, encontra-se no Anexo XII.

4.3.3. Determinação do diâmetro dos planetas

O estudo do método de determinação dos diâmetros dos planetas através de medidas angulares também foi considerado na proposta de ensino.

Inicialmente perguntou-se aos alunos se eles imaginavam como eram feitas as medidas do diâmetro dos planetas (PI). Em seguida, explicou-se o raciocínio para se obter estes valores por medidas angulares (OC). E, em uma tentativa de promover uma situação em que os alunos *aplicassem o conhecimento aprendido*, foi proposta uma simulação da medida do diâmetro de um planeta. Os alunos foram convidados a medir, em grupos de 4 a 5 alunos, o diâmetro de um pequeno globo colocado no meio da sala de aula. Para medirem a que distância estavam do globo, os grupos utilizaram uma fita métrica, enquanto para obter a medida angular correspondente ao diâmetro do globo, foi utilizado um transferidor.

Durante a atividade, algumas das limitações desta analogia foram mencionadas. Dentre elas, ressaltou-se que as medidas de distância planetárias não são obtidas diretamente, tal como os alunos estavam a fazer na simulação, mas pelos métodos de medida estudados, tais como paralaxe e radar. Além disso, comentou-se que os planetas não são vistos a olho nu em forma de disco, imagem que permite realizar medidas angulares correspondentes ao diâmetro. Daí, a importância dos instrumentos de observação, como os telescópios, para aproximar os planetas de nossa visão, e a necessidade de se compensar tais aproximações nos cálculos realizados.

Apesar das limitações da simulação proposta, considera-se a atividade importante, pois esta ajuda a entender as dificuldades que envolvem tais medições,

fornecendo elementos para se compreender porque os valores estimados para o diâmetro de Plutão variaram ao longo do tempo.

O roteiro utilizado para encaminhar a aula, com todas as ideias e problematizações planejadas, encontra-se no Anexo XIII.

4.3.4. Determinação do diâmetro e massa de Plutão

Após as discussões sobre alguns dos métodos de medida de distância e diâmetro dos planetas, considerou-se importante a inserção de atividades que problematizassem as peculiaridades referentes às medições do diâmetro e massa de Plutão.

Iniciou-se a discussão sobre os métodos de medida do diâmetro e massa de Plutão retomando-se como os valores dos diâmetros dos planetas são obtidos pelas medidas angulares e questionando aos alunos sobre como eles imaginavam que o diâmetro de Plutão foi obtido na época de sua descoberta (PI).

Em seguida, os métodos de medições da massa e diâmetro de Plutão foram apresentados (OC). Discutiu-se que não foi possível estimar o diâmetro de Plutão através de medidas angulares por limitações tecnológicas: não havia nenhum telescópio que conseguia aproximar a imagem de Plutão o suficiente para que este fosse visto na forma de um disco, imagem que permitiria medir seu tamanho angular. Por isso, outro método de medida foi utilizado para estimar suas dimensões: análise do albedo articulada com hipóteses sobre sua composição.

O método de medida do diâmetro de Plutão por Ocultação, método utilizado após a descoberta de Caronte, a maior Lua de Plutão, também foi estudado. Na tentativa de promover um melhor entendimento deste fenômeno, realizou-se uma simulação utilizando uma lanterna para representar a luz do objeto ocultado e uma esfera de isopor para representar o corpo celeste em movimento.

Em um segundo momento, problematizou-se a história das medidas da massa de Plutão. Discutiu-se sobre as estimativas teóricas da massa deste astro, realizadas antes mesmo de se confirmar sua existência, baseados na análise da trajetória da órbita de Netuno, a partir da teoria da Gravitação Universal. Em seguida, comentou-se sobre as novas estimativas realizadas após a descoberta de Caronte, fato que permitiu cálculos mais precisos das dimensões de Plutão. Novas

informações (sobre o diâmetro e massa) que influenciaram fortemente a decisão dos cientistas de (re)pensar a definição de planeta e a classificação de Plutão. Além disso, ainda comentou-se sobre a descoberta de Éris em 2005, corpo celeste que, na época, teria sido considerado com um diâmetro maior do que o de Plutão, questão que acalorou as discussões a respeito da reclassificação de Plutão.

E, finalmente, para que os alunos empregassem os novos conhecimentos em outra situação, solicitou-se que os alunos refletissem sobre a precisão ou veracidade das medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris (AC).

O roteiro utilizado para encaminhar a aula, com todas as falas e problematizações planejadas, encontra-se no Anexo XIV.

4.4. Atividade IV: Classificação dos corpos celestes

Classificar Plutão como planeta, asteroide ou cometa está entre as controvérsias relacionadas ao caso Plutão. Para compreender e posicionar-se frente a tal polêmica é necessário conhecer as características destes corpos celestes e saber diferenciá-los. Desta forma, foi inserida na proposta de ensino uma atividade que abordasse estas questões.

Iniciou-se a discussão a partir de um levantamento sobre o que existe no Sistema Solar (PI). Em seguida, tentou-se diferenciar os corpos celestes mencionados de maneira que a discussão fornecessem informações para que os alunos aprendessem algumas das diferenças sobre estes corpos celestes. Durante a conversa, para auxiliar na construção de tal diferenciação, algumas imagens de planetas e asteroides foram utilizadas (ANEXO XV).

Para que se aprofundassem no assunto, os alunos, em grupos, foram convidados a classificar alguns corpos celestes em planeta, asteroide, cometa ou planeta anão, conhecendo algumas de suas características: massa, diâmetro, inclinação da órbita em relação à eclíptica e composição química. Também foi solicitado que os alunos explicitassem os critérios utilizados para elaborar a classificação (OC).

Ao final, para sistematizar o assunto discutido (AC), os grupos compartilharam com toda a classe sua classificação e justificativas. O roteiro entregue aos alunos com esta proposta encontra-se no Anexo XVI.

Esta atividade, além de permitir que os alunos conheçam melhor algumas características dos corpos celestes, também pode ajudar a entender como se elaboram e a importância dos esquemas de classificações para a construção do conhecimento científico.

Procurou-se ressaltar, durante a discussão, que os critérios de uma categoria devem ser aqueles que melhor representem aquela classe de objetos. Supõe-se que este conhecimento forneça elementos para compreender que a mudança da classificação de Plutão é mais que uma questão de classificação, mas que também está relacionada à nossa representação e compreensão do Sistema Solar. Afinal, a definição de planeta e a decisão de se manter ou não Plutão nesta categoria reflete como entendemos a natureza planetária e a *arquitetura de nosso e de outros sistemas solares* (STOLER, 2007).

O roteiro utilizado para encaminhar esta atividade, com todas as ideias e problematizações planejadas, encontra-se no Anexo XVII.

4.5. Atividade V: Definição de planeta

Após os estudos sobre como os planetas foram descobertos/observados ao longo da história, como suas dimensões foram estimadas e sobre as características de alguns corpos celestes, propôs-se uma atividade que retoma a questão inicial da proposta de ensino: a reclassificação de Plutão. Para isso, sugeriu-se que os alunos, em grupos de 4 a 5 alunos, elaborassem um conjunto de critérios que definissem “planeta” e decidissem se Plutão se enquadraria ou não nestes critérios e por que (PI). Um esquema contendo algumas informações estudadas ao longo das últimas aulas foi entregue para auxiliá-los nesta tarefa (OC). O roteiro entregue aos alunos encontra-se no Anexo XVIII.

Em um segundo momento, dois grupos, a princípio, foram escolhidos para apresentarem suas ideias para a classe e fornecer elementos para um debate. Após o debate, a classe discutiu e decidiu, por votação, qual seria o melhor critério para a classificação de planetas (AC). Após a votação, o professor apresentou como este processo ocorreu na Assembléia da IAU e finalizou construindo uma síntese dos temas discutidos ao longo do curso.

O roteiro utilizado para encaminhar esta atividade, com todas as ideias e problematizações planejadas, encontra-se no Anexo XIX.

4.6. Atividade VI: Avaliação Final

Ao término das atividades foi aplicado um questionário com o propósito de mapear a compreensão dos alunos sobre as razões da mudança da classificação de Plutão e verificar se suas concepções mudaram em relação à transitoriedade da ciência, e o grau de confiabilidade atribuído a este saber após vivenciarem a intervenção. O questionário, além de investigar tais questões, também solicitou que os alunos apresentassem suas opiniões sobre uma notícia que informava que cientistas confirmaram, após medirem a massa de um corpo celeste descoberto em 2010, que este era, de fato, um exoplaneta. A intenção desta última colocação era estimular os alunos a empregarem os conceitos estudados em outra situação que envolve a medição das dimensões de um corpo celeste muito distante e sua classificação a partir dos dados obtidos. O Questionário Final encontra-se no Anexo XXI.

Para finalizar, também foi solicitada uma redação na qual os alunos contaram o que aprenderam ao longo do curso. O esforço para escrever a redação poderia ajudar na retomada os temas discutidos e a sistematização do conhecimento estudado.

A seguir, apresenta-se a Tabela 03, contendo cada uma das atividades da proposta de ensino, o momento pedagógico e o principal objetivo a elas associado, além do tempo previsto para suas realizações, de forma a oferecer um panorama do curso proposto.

Tabela 03: Síntese da Proposta de Ensino

Proposta de Ensino				Aulas
MP	Atividades	Descrição	Objetivo	
PI	Controvérsias sobre o caso Plutão	(PI) Questionamento sobre o assunto (OC) Leitura de dois textos não didáticos sobre o caso Plutão (AC) Apresentação dos resultados da análise dos textos	Conhecer o que os alunos sabem sobre a nova classificação (planeta-anão) para Plutão. Conhecer as controvérsias que envolveram esta reclassificação e algumas das razões de tais divergências.	1
OC	Descoberta dos planetas	(PI) Questionamento sobre a mudança das medidas das dimensões de Plutão (OC) Discussão sobre a história da descoberta dos planetas do Sistema Solar e da definição de planeta. (AC) Leitura de texto-síntese e resolução de questionário sobre a descoberta dos planetas.	Introdução do problema: por que as medidas das dimensões de Plutão variaram ao longo do tempo. Diferenciar planetas de estrelas comparando fotos do céu (impressas do Stellarium) de um mesmo dia e um mesmo mês e anos distintos. Conhecer como os planetas do Sistema Solar foram descobertos. Perceber que os corpos celestes eram ou não considerados planeta de acordo com o modelo de Universo vigente (geocêntrico ou heliocêntrico). Retomar a discussão sobre a história da descoberta dos planetas e identificar as situações que revelam o caráter transitório do conhecimento científico e a ciência como um empreendimento coletivo. Mapear se os alunos perceberam o papel da teoria na descoberta dos planetas.	2
		Sistema Solar em escala (PI) Contato com os valores do diâmetro médio e distância média dos planetas ao Sol (OC) Estudo dos cálculos para conversão dos valores para uma escala adequada (AC) Construção do Sistema Solar em escala	Conhecer e concretizar o significado das medidas de distância e diâmetro dos planetas no Sistema Solar.	2
	Medidas Astronômicas	Distâncias dos planetas (PI) Questionamento sobre como se realizam as medidas das distâncias dos planetas. (OC) Explicação sobre o assunto (AC) Retorno à questão inicial: razões das medidas das dimensões de Plutão terem mudado ao longo do tempo	Conhecer métodos de medida de distância dos planetas utilizados ao longo da história. Compreender as dificuldades que envolvem tais medições.	1
		Diâmetro dos planetas (PI) Questionamento sobre como se realizam as medidas do diâmetro dos planetas (OC) Explicação sobre o assunto (AC) Simulação da medida do diâmetro de um planeta	Conhecer como se calcula o diâmetro dos planetas através de medidas angulares. Compreender as dificuldades que envolvem tais medições.	1
		Diâmetro e massa de Plutão (PI) Questionamento sobre os métodos de medida do diâmetro e massa de Plutão (OC) Discussão sobre o assunto (AC) Análise sobre as dimensões de Éris	Conhecer como foram feitas as estimativas do diâmetro e massa de Plutão ao longo do tempo. Fornecer elementos para a compreensão da origem das controvérsias sobre a classificação de Plutão.	1
	Classificação dos corpos celestes	(PI) Levantamento sobre o que existe no Sistema Solar (OC) Diferenciação dos corpos celestes (AC) Classificação dos corpos celestes às escuras e debate	Conhecer algumas das características e diferenciar os seguintes corpos celestes: asteroides, cometa, planeta e planeta-anão. Compreender como se elabora e a importância dos esquemas de classificações para a construção do conhecimento científico.	2
AC	Definição de planeta	(PI) Elaborar uma proposta para definir planeta (OC) Entrega de um esquema com informações estudadas ao longo do curso (AC) Debate	Síntese do que foi discutido. Utilizar os conceitos aprendidos para se posicionar em relação à reclassificação de Plutão.	2
	Avaliação Final	(AC) Questionário investigando as concepções dos alunos em relação à transitoriedade da ciência e ao grau de confiabilidade atribuído a este saber. Além de uma questão solicitando a opinião dos alunos sobre uma notícia que informava que cientistas confirmaram, após medirem a massa de um corpo celeste descoberto em 2010, que este era, de fato, um exoplaneta.	Mapear a compreensão dos alunos sobre as razões da mudança da classificação de Plutão. Verificar se há mudança da posição dos alunos em relação à transitoriedade da ciência e ao grau de confiabilidade atribuído a este saber. Estimular os alunos a empregar os conceitos aprendidos em outra situação que envolve os conhecimentos estudados.	1
		(AC) Redação sistematizando o que aprendeu ao longo do curso	Momento de auto-avaliação em que os alunos registraram o que aprenderam ao longo do curso.	1

Capítulo 05

Proposta de ensino: aula a aula

A proposta de ensino foi aplicada em cinco turmas do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual da periferia de São Paulo. Todas as aulas foram gravadas em áudio e vídeo. Após o término da aplicação da proposta, percebeu-se por meio da análise das gravações, que havia uma turma que se destacava em relação à participação dos alunos nas discussões durante as aulas. Uma vez que esta turma possuía um volume maior de interações entre os estudantes e entre eles e a professora, essa turma foi escolhida para uma análise mais sistemática.

Descreve-se neste capítulo como ocorreu a aplicação das atividades na sala selecionada, acompanhada da transcrição de algumas das discussões realizadas. Em relação aos diálogos, destacaram-se os realizados com toda a classe, em que se percebeu uma maior participação dos estudantes, com comentários, exposições de dúvidas ou apresentações de resultados de trabalhos escritos. Através da análise das transcrições foi possível identificar algumas das dificuldades apresentadas pelos alunos sobre o tema proposto ao longo das atividades e quais foram os momentos em que os alunos explicitaram ter compreendido alguns dos assuntos em discussão.

As descrições foram feitas seguindo a ordem cronológica em que ocorreram, subdivididas pelas atividades que compõem a proposta de ensino, com o objetivo de possibilitar uma melhor compreensão de como ocorreu a aplicação da intervenção e qual foi a natureza das discussões promovidas pelas atividades.

Ao final, apresentam-se algumas considerações sobre as influências da estrutura dos 3 MP no desenvolvimento da proposta, uma vez que tais questões parecem evidentes com as transcrições dos diálogos selecionados. Além disso, também foram destacadas falas de alunos que, motivados pelas discussões, explicitaram questionamentos sobre características da natureza da ciência.

5.1. Atividade I: Controvérsias sobre o caso Plutão

Como *problematização inicial* a professora perguntou aos alunos o que sabiam sobre Plutão não ser considerado planeta. Eles responderam, de modo geral, que Plutão não tinha as características dos demais planetas, mas não sabiam

dizer qual seria a nova classificação, acreditando que Plutão teria sido classificado como lua ou estrela.

¹¹(Aluno 26): *Os aspectos dele não eram iguais aos de um planeta de verdade como a Terra, não tinha as propriedades certas para ser considerado planeta.*

(Aluna 12): *Plutão foi considerado uma lua por ter um planeta maior que ele atrás dele.*

(Aluno 21): *Quais são as características para fazer um planeta virar estrela?*

Durante esta primeira discussão também foi possível perceber que os alunos tinham dificuldade para diferenciar planeta de estrela.

(Aluno 34): *Uma estrela pode ser maior que um planeta?*

(Aluno 21): *O Sol não é uma estrela?*

Eles também apresentaram suas opiniões sobre a mudança de classificação de Plutão.

(Aluno 22): *Se Plutão foi desde sempre planeta, deve ser planeta.*

(Aluno 21): *Na minha concepção, sendo ou não sendo planeta, para mim, Plutão ainda é a mesma coisa.*

Esta PI aguçou a curiosidade dos alunos em relação aos critérios utilizados para se realizar a classificação dos planetas e sobre a reclassificação de Plutão.

(Aluna 17): *Existe padronização para ser considerado planeta? Porque, então, deve seguir esta padronização. E se ele está nesta padronização, ele será considerado planeta, caso contrário, não.*

(Aluno 26): *E outra, a ciência muda a cada dia. Cada coisa vai sendo derrubada cada vez mais, por que isto também não pode ser derrubado? De planeta para outro astro?*

(Aluno 21): *Mas por que só ele deixou de ser planeta?*

Após a realização desta primeira PI, foi proposta a leitura das duas reportagens: *O planeta Plutão* publicado na revista Scientific American Brasil e *O que é um planeta?* do Boletim da SAB (ANEXO IV) com o objetivo de *fornecer novos subsídios* (OC) para uma maior compreensão do tema em discussão. Em seguida, foi solicitado que os alunos identificassem algumas das divergências que envolvem a reclassificação de Plutão. A *síntese sobre o assunto lido* (AC) foi apresentada no início da aula seguinte.

¹¹ Os nomes dos alunos foram omitidos e substituídos por uma classificação numérica por questões éticas.

Em uma discussão aberta para toda a classe, os alunos apresentaram as controvérsias que eles identificaram sobre mudança da classificação de Plutão, mencionando, inicialmente, o tamanho e massa deste astro.

(Aluno 30): *Ele é **pequeno**.*

(Aluno 22): *A **massa** dele é 0,2 da massa da Terra. (grifos nossos)*

Em seguida, comentaram que Plutão reflete muita luz, dado utilizado pela professora para destacar que as medidas da massa e diâmetro dos corpos celestes estão relacionadas à forma como eles são observados.

(Aluno 22): *A **massa** dele é 0,2 da massa da Terra.*

(Aluno 34): *Ele tem pouca iluminação...*

(Aluno 26): *Não, ele **reflete 90% para a galáxia** do sol que vai para ele.*

(Prof.^a): *Mas por que o albedo, esta questão de refletir ou não os raios solares, influenciou isso?*

(Aluno 34): *Da massa?*

(Prof.^a): *Sim*

(Aluno 34): *Por causa do gelo.*

(Prof.^a): *O gelo fez com que refletisse muito, mas é devido a esta reflexão da luz que nós observamos os planetas. Então, dependendo de como observamos, é que conseguimos medir a massa e o diâmetro. Um dos pontos de divergência da massa e do diâmetro está em como observamos os planetas. Isso é algo que precisamos ver, não é? Como os planetas são observados. Como são feitas estas medidas.*

E, para finalizar, os alunos mencionaram sobre a dificuldade de se classificar Plutão.

(Prof.^a): *E o que mais, quais foram os outros conflitos que vocês viram?*

(Aluna 12): *Se ele é **um asteroide ou um mini planeta**.*

(Aluno 26): *O que ele é?*

(Aluna 12): ***Eles não sabem definir**.*

Conforme os alunos apresentavam suas respostas, a professora construiu a tabela descrita a seguir na lousa, que sistematiza os temas a serem estudados para uma melhor compreensão do caso Plutão.

Tabela 02: Síntese da discussão da Atividade I

Controvérsia	Razões	Questões para discussão
Classificar Plutão como planeta, asteroide ou cometa	Diâmetro Massa	Como se observa um planeta? Como se mede a massa e o tamanho de um planeta?
	Ter a Lua Caronte Tamanho de Eris Composição e órbita de Plutão	Quais são os critérios de classificação de planeta, asteroide e cometa?

5.2. Atividade II: Descoberta dos planetas

Iniciou-se a aula retomando e *problematizando* as razões de o diâmetro e massa de Plutão serem temas polêmicos (ANEXO VI).

Em seguida, a professora iniciou uma apresentação sobre a história das descobertas dos planetas (OC), uma vez que as mudanças dos valores de massa e diâmetro de Plutão ao longo do tempo estariam relacionadas à forma como este astro foi/é observado ao longo da história. Considerou-se que a compreensão de como os planetas foram descobertos e foram/são observados seria importante para compreender e contextualizar como ocorreu a descoberta de Plutão e as primeiras medições de suas dimensões.

A princípio, a professora explicou sobre os planetas conhecidos a olho nu desde a antiguidade e a ideia das estrelas errantes. Em seguida, foram entregues imagens do céu de Osasco, obtidas através do Stellarium, para que os alunos, em grupos, localizassem o planeta Saturno entre as estrelas registradas nas imagens (ANEXO VII).

Alguns grupos encontraram facilmente o planeta, outros tiveram dificuldades, pois não tinham compreendido a ideia de estrela errante. Foi possível explicar novamente o conceito e, ao final da aula, todos os alunos localizaram o planeta, aquele corpo celeste que, em relação às estrelas, muda de posição mais rapidamente.

A partir desta atividade, a professora explicou que os astrônomos não só perceberam esta movimentação dos planetas, como também, procuraram descrever, compreender, explicar e prever este movimento. Comentou sobre a construção e transição do modelo geocêntrico para heliocêntrico, sobre a necessidade de se desenvolver métodos matemáticos para localização/descoberta dos demais planetas que não são possíveis de se ver a olho nu e sobre a história da descoberta de cada

planeta até chegar a de Plutão. A fala da professora foi baseada no texto do Anexo VIII, material entregue para os alunos ao final da explicação feita pela professora.

Junto com o texto, *para um retorno às questões iniciais e uma síntese do que foi discutido (AC)*, foram entregues dois questionários. Um deles, o questionário *Pensando o trabalho científico (ANEXO IX)*, solicitou que os alunos identificassem, após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, situações que revelassem o trabalho cooperativo dos cientistas, o caráter transitório do conhecimento científico e outras características da natureza da ciência que eles perceberam ao estudarem os episódios em questão. O segundo questionário, denominado *Explorando o assunto (ANEXO X)*, procurou mapear se os alunos perceberam o papel da teoria na descoberta dos planetas. A análise dos dados obtidos com os questionários encontra-se no Capítulo 6.

5.3. Atividade III: Medidas astronômicas

Durante as duas primeiras atividades, alguns alunos questionaram se Plutão está mesmo tão longe ou por que o homem já foi à Lua, mas até hoje, não visitou outros planetas. Estas questões parecem refletir a pouca noção ou dificuldades dos alunos em imaginar a dimensão do Sistema Solar. Dessa forma, decidiu-se desenvolver uma atividade que permitisse aos alunos conhecer e concretizar o significado das medidas de distância e diâmetro dos planetas no Sistema Solar. Alguns dos momentos desta atividade são apresentados a seguir.

5.3.1. Construção do Sistema Solar em escala

Iniciou-se a aula expondo para todo o grupo as dúvidas anteriormente apresentadas por alguns estudantes sobre as razões do homem não ter visitado outros planetas. Os alunos atribuíram tal dificuldade à distância, temperatura e à atmosfera dos planetas.

(Prof.^a): Pessoal, nas aulas anteriores, quando nós começamos a discutir sobre os planetas, alguns alunos me perguntaram por que há tanto tempo o homem conseguiu ir até a Lua e até hoje, que há mais tecnologia, ele não conseguiu visitar outros planetas? Eu achei a questão muito boa e vim dividir com a classe. Por que vocês acham que o homem não conseguiu visitar outros planetas?

(Aluno 34): Pela distância.

(Aluno 25): Temperatura.

(Aluno 26): Por causa da atmosfera deles, professora?

(Aluno 35): O ar, porque não tem ar lá.

(Aluno 21): Aquela roupa é para oxigenar o cérebro deles.

(Aluno 33): A entrada na atmosfera pode ser um problema.

(Aluno 26): Eu ouvi falar que para sair da atmosfera é bem mais fácil, mas a maior dificuldade deles é para voltar para a órbita depois.

(Prof.^a): Será que é a atmosfera? Será que é a distância? Será que é a composição? A temperatura?

A professora destacou a distância como um dos principais motivos para o homem não ter visitado outros planetas. E em seguida, questionou se as grandezas relacionadas aos diâmetros dos corpos celestes seriam da mesma ordem das grandezas das distâncias. Os alunos apresentaram alguns palpites para as medidas de distância entre os planetas e para os seus diâmetros. Eles tinham noção de que as medidas de diâmetro têm uma ordem de grandeza menor do que as medidas de distância, mas não sabiam mensurar o quanto. Assim, dando continuidade à PI, foi entregue uma tabela com os valores de distância média dos planetas até o Sol e o diâmetro médio destes astros (Anexo XI).

Os alunos compararam os valores de seus palpites com os valores da tabela e analisaram se as medidas mencionadas foram próximas ou não. Ao ver a tabela, os alunos não reconheceram Ceres e Ganimedes. A professora destacou sobre a grandeza das medidas. Os alunos questionaram como estes valores foram obtidos. A professora disse que, a princípio, eles entenderiam um pouco melhor a grandeza destes valores e que o passo seguinte, seria conhecer como tais medidas foram obtidas.

Após esta *problematização inicial*, a professora continuou a discussão (OC), trazendo algumas informações sobre a classificação dos corpos celestes citados na tabela – quais eram planetas, asteroides, satélites. E juntos, compararam os tamanhos dos astros. Em seguida, apresentou os cálculos necessários para as conversões dos valores da tabela para uma escala adequada à construção, na sala de aula, do Sistema Solar, conforme explicação apresentada no Anexo XI. Para finalizar, a professora comentou que, na aula seguinte, eles construiriam o Sistema Solar em escala e apresentou uma maquete, conforme ilustra a figura 01,

comparando o Sol e os planetas, construídos na escala que tinham acabado de estudar.

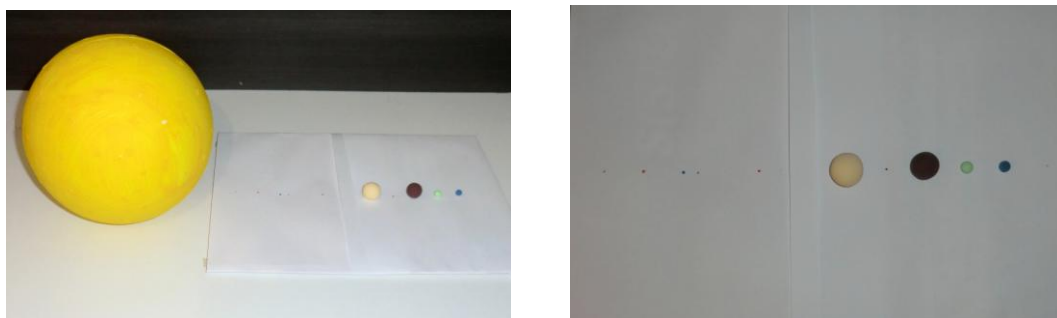


Fig 1 – Maquete do Sistema Solar com o tamanho dos planetas em escala

Na aula seguinte foi realizada a construção do Sistema Solar em escala (AC). Após os alunos sentarem-se em círculo, iniciou-se a abertura do barbante. Com uma volta completa do barbante foi possível incluir na montagem os planetas Mercúrio e Vênus. A professora destacou a importância dos alunos observarem o quanto de barbante é desenrolado entre um planeta e outro, ou seja, o quanto um está distante do outro. Ao chegar na marcação da Terra e da Lua, a professora retomou a questão sobre o homem ter visitado a Lua e não ter ido a outros planetas. Os alunos explicitaram surpresa ao perceberem a distância entre os planetas.

(Prof.^a): Pessoal, olhem a distância da Terra para a Lua. Olhando esta distância, a gente pode começar a perceber porque o homem conseguiu chegar até a Lua, mas não foi nos outros planetas. Mercúrio está lá, Vênus está ali, é isso?

(Aluno 26): Está bem longe!

(Aluno 22): Nossa, está muito longe!

(Prof.^a): Lembrando que 1 cm desta escala equivale a 70.000 km.

(Aluna 14): Vamos ver Marte, agora!

(abertura do barbante)

(Aluno 26): Está longe, heim!

(abertura do barbante)

(Aluna 14): Caramba! Este é longe!

(Prof.a): Vocês imaginavam que era tão longe assim?

Alunos: Não

Os estudantes de tempos em tempos, durante a abertura do barbante, questionaram se a posição do próximo planeta a ser inserido na montagem já havia sido alcançada e se admiravam com a distância entre eles. Também se espantaram com o tamanho de Júpiter em relação aos outros planetas. A professora parou a abertura do barbante na posição do planeta Júpiter. Comentou o quanto ainda abririam do barbante para que fosse possível inserir Saturno, ou seja, para abrirem na sala de aula a quantidade de barbante equivalente à distância até o último planeta visível a olho nu. Os alunos queriam saber sobre a distância até Plutão. A professora contou que teriam que abrir, aproximadamente, mais um rolo inteiro de 300m para ver Urano. E quase metade de um terceiro rolo para ver Netuno e que no final deste terceiro e último rolo, estaria Plutão.

A aula foi finalizada com a desmontagem do “Sistema Solar” construído na sala de aula.

5.3.2. Determinação das distâncias dos planetas

A aula seguinte foi iniciada lembrando-se das atividades realizadas na aula anterior e propondo-se questões que levassem os alunos a refletir sobre o método para se realizar as medidas das distâncias dos planetas (ANEXO XII). A partir desta *problematização inicial*, a professora apresentou como Aristarco de Samos conseguiu ter uma noção do quão distante o Sol está da Terra se comparado à distância da Terra-Lua. Discutiu-se o raciocínio utilizado por Copérnico para comparar as distâncias planetárias em relação à distância Terra-Sol e também estudou-se o processo de medida de distâncias por paralaxe e radar, conforme roteiro apresentado no Anexo XII.

Durante a explicação (OC), algumas dúvidas e comentários apareceram:

- dúvida sobre a diferença entre o eclipse solar e lunar, ao se comentar que na época de Aristóteles já se sabia que a Lua estava mais próxima da Terra por esta conseguir eclipsar o Sol;
- questionamento sobre a Lua aparecer no céu de dia, ao se comentar sobre o eclipse solar;
- datas dos eclipses;

- espantaram-se ao ver que pequenas variações nos valores angulares obtidos para o ângulo Sol-Terra-Lua, medida realizada por Aristarco para conhecer a distância Terra-Sol em relação à distância Terra-Lua, resultam em uma grande diferença nos valores obtidos para esta relação;
- questionamento sobre como foi medido o raio da Terra, ao se explicar medidas por paralaxe envolvendo este valor;
- o Aluno 26 comentou que antes ele acreditava que os planetas eram próximos e agora vê como são distantes. E este mesmo aluno percebeu a importância da teoria para se fazer cálculos e explicitou esta percepção para a turma:

(Aluno 26): Sempre tem uma teoria envolvida né, professora? O cara não chegou lá, olhou para o céu e falou “tem 100 milhões de metros daqui até o Sol”, então, tem sempre uma teoria por trás.

(Aluna 04): E a matemática!

(Prof.^a): Olha que legal o que estamos percebendo. A ciência envolve a teoria, a explicação que estamos desenvolvendo e a matemática.

Ao final da aula, com o objetivo de promover uma síntese dos temas em discussão, a professora lembrou quais foram as principais questões estudadas até aquele momento (AC).

(Prof.^a): Por que nós estamos aprendendo tudo isso mesmo? Qual é nossa questão principal?

(Aluno 34): As distâncias entre planetas e se Plutão deixou de ser planeta ou não.

(Prof.^a): Por que conseguimos ir à Lua e não conseguimos ir aos planetas, mesmo?

(Aluno 26): Por causa da distância

(Aluno 34): Por que é muito longe!

(Prof.^a): Mas o problema central é para entender o que?

(Aluna 12): Se Plutão é um planeta ou não

(Prof.^a): E quais são as principais controvérsias em relação à Plutão?

(Aluno 31): Massa

(Aluno 30): Tamanho

(Prof.^a): Então, eu quero saber de vocês, agora que nós estudamos um pouco sobre medidas de distância, por que vocês acham que as medidas do tamanho e da massa de Plutão foram mudando ao longo do tempo?

As respostas à última questão proposta no diálogo apresentado anteriormente foram entregues por escrito. A análise destes dados encontra-se no Capítulo 06.

5.3.3. Determinação do diâmetro dos planetas

A aula foi iniciada relembrando-se sobre o problema proposto à turma durante as últimas aulas. A leitura desta discussão inicial, transcrita a seguir, permite perceber que os alunos já tinham compreendido que uma das controvérsias relacionadas à reclassificação de Plutão está relacionada às variações, ao longo do tempo, das medidas das dimensões (massa e diâmetro) deste astro e pareciam ter percebido que estas variações estão relacionadas à distância entre a Terra e Plutão.

(Prof.^a): Vamos lembrar qual é o problema central destas nossas aulas de Astronomia. Qual problema nós queremos resolver?

(Aluno 26): Plutão

(Prof.^a): O que tem Plutão?

(Aluno 26): Se é um planeta ou não é.

(Prof.^a): E uma das divergências sobre Plutão está relacionada ao quê? Por que este conflito sobre Plutão ser planeta ou não?

(Aluno 22): A massa dele é menor do que o esperado.

(Prof.^a): O que mais?

(Aluno 21): Ele é muito longe

(Prof.^a): A distância influencia no que?

(Aluno 26): A gente não consegue ver direito ele, sei lá...

(Prof.^a): Parece que a distância dificulta a observação de Plutão. A massa e qual outra característica de Plutão?

(Aluno 21): O diâmetro

(Prof.^a): A distância está relacionada com o tamanho? Como?

(Aluno 26): Quanto mais longe, mais difícil de ver.

(Prof.^a): Isso mesmo. Por exemplo, quando você viaja de avião...

Após esta breve *problematização*, a professora iniciou a explicação apresentada no roteiro do Anexo XIII sobre medida do diâmetro dos planetas através de medidas angulares (OC) e ao final, convidou os alunos a medirem, com o uso de uma fita métrica e um transferidor, o tamanho de um globo (que simula um planeta) colocado no meio da sala de aula (AC).

A percepção foi de um grande interesse dos alunos em realizar o experimento. Para finalizar a aula, foi feita uma discussão sobre os valores obtidos pelos estudantes na atividade. Nesta discussão, descrita a seguir, a professora junto com os alunos conclui que a distância influencia as medidas do diâmetro dos planetas. Isto porque quanto mais distante se encontra um planeta, menor o ângulo que se mede para calcular seu diâmetro, e quanto menor o ângulo, maior a dificuldade de medi-lo, portanto, menor a precisão da medida.

(Prof.^a): Algum grupo me diz qual foi seu resultado.

(Aluno 31): 40 cm

(Aluno 21): 0,17 m

(Aluna 02): 26 cm

(Aluno 30): 16,4 cm

(Prof.^a): Nós temos que ter uma noção de tamanho também. Alguns disseram 40 cm, 40 cm é maior que a régua, esta tem 14 cm. Eu medi no paquímetro, este globo tem 8 cm. Sabe o que é interessante perceber? Que quem estava mais perto, as meninas, chegaram a um valor mais próximo e neste outro grupo, o erro foi maior, por que? Vamos ver o erro. Vamos dividir o número que encontraram por 8 para saber quanto a medida de vocês foi maior do que o valor que ele realmente é. O valor das meninas deu 3 vezes maior, o do grupo do fundo, deu 5 vezes maior. Sabe por que? Por que esta diferença? Quanto mais longe você está do objeto, menor o ângulo que irá medir.

(Aluno 27): O ângulo delas dá maior.

(Prof.^a): Exatamente. Para quem está mais perto, o ângulo é maior, é mais fácil de medir. Quem está mais longe, o ângulo dá cada vez menor, então, mais difícil de medir. Aí nós podemos entender porque é mais difícil medir o ângulo de Plutão. Ele é o mais longe de todos os planetas. Então, quanto mais longe ele está, mais difícil medir este ângulo.

Dando continuidade a discussão, a professora mencionou que na época em que Plutão foi descoberto não havia tecnologia suficiente para medir o diâmetro de Plutão através de medidas angulares e finalizou contando que, na aula seguinte, eles discutiriam como foi feito para se determinar as dimensões de Plutão na época de sua descoberta.

5.3.4. Determinação do diâmetro e massa de Plutão

Iniciou-se a aula questionando se os alunos lembravam sobre como se pode medir o diâmetro de um planeta. Após relembrares como são feitas tais medições através de medidas angulares, a professora explicou como foi feita a medida do

diâmetro de Plutão pela análise do albedo articulada com hipóteses sobre sua composição e por Ocultação (OC), conforme roteiro apresentado no Anexo XIV.

Ao iniciar a explicação sobre o método de medida do diâmetro de Plutão por Ocultação, os alunos demonstraram surpresa ao saber que Plutão tinha uma Lua.

(Prof.^a): (...) Eles conseguiram perceber, em 1978, que Plutão tinha uma lua. O nome da lua de Plutão é Caronte.

(Aluno 21): Como Plutão deixou de ser planeta, agora, eles viraram uma lua girando em volta da outra?

(Prof.^a): O critério para um astro ser um satélite, uma lua, é girar em torno de um planeta. Hoje, Aluno 21, eles consideram um planeta anão girando em torno do outro, porque Caronte não é uma lua comum como a lua da Terra. Eu conseguiria colocar no volume da Terra, 50 luas da Terra e eu consigo colocar 8 Carontes em Plutão. Então, Caronte é bem grande em relação à Plutão.

Durante o diálogo percebe-se, mais uma vez, a dificuldade dos alunos em diferenciar os corpos celestes, assunto que seria tratado na aula seguinte.

(Aluno 34): Essa lua ilumina também?

(Prof.^a): Todos os corpos celestes são iluminados, caso contrário, eu não conseguiria vê-los. Eu só consigo ver estes corpos celestes porque eles refletem a luz do Sol.

(Aluno 21): Mas essas luas são uma lua só?

(Prof.^a): Não, cada planeta possui as suas luas.

(Aluna 01): Eu ainda não entendi qual é a função da lua.

(Aluno 26): Ela gira em torno do planeta.

(Aluna 01): Ah tá.

(Aluno 25): Mas o Sol é só um, né?

(Prof.^a): Sim, o Sistema Solar, só tem uma estrela, o Sol. Bom, vamos voltar. Então, em 1978 se conseguiu observar que Plutão tinha uma lua...

Após a explicação dos métodos de medida de diâmetro adotados para estimar o diâmetro de Plutão, a professora explicou como foram feitas as primeiras estimativas de sua massa a partir da teoria da Gravitação Universal e os novos valores estimados com a descoberta de Caronte, conforme roteiro apresentado no Anexo XIV. Finalizou comentando que as novas informações (sobre o diâmetro e massa) influenciaram fortemente a decisão dos cientistas de (re)pensar a definição de planeta e a classificação de Plutão. Além disso, comentou sobre a descoberta de

Éris em 2005, corpo celeste que na época teria sido considerado com um diâmetro maior do que o de Plutão, questão que teria acalorado as discussões.

Para finalizar a aula, a fim de que os alunos empregassem os novos conhecimentos aprendidos em outra situação (AC), solicitou-se aos alunos que respondessem por escrito a seguinte questão: *Será que podemos confiar nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris? Justifique.*

A análise destas respostas encontra-se no Capítulo 06.

5.4. Atividade IV: Classificação dos corpos celestes

A aula foi iniciada relembrando-se qual era a questão central que professora e alunos estavam tentando compreender melhor nas últimas aulas. Os alunos mencionaram as divergências sobre manter ou não a classificação de planeta para Plutão, relacionaram estas dificuldades às variações, ao longo do tempo, das medidas para as dimensões deste corpo celeste e citaram estas características como critério de classificação. A partir desta discussão inicial, conforme ilustra o diálogo transcrito a seguir, a professora encaminhou a aula, iniciando um levantamento dos corpos celestes conhecidos pelos alunos.

(Prof.^a): Pessoal, o que é que temos tentado entender até agora durante estas últimas aulas?

(Aluno 26): Plutão, se ele é um planeta ou não é.

(Prof.^a): E o que nós temos discutido sobre Plutão, por exemplo?

(Aluna 04): Diâmetro

(Aluna 08): Massa

(Aluna 17): Medida

(Aluna 06): Distância

(Aluno 26): A lua que tem em volta dele

(Prof.^a): O que é que tem a medida do diâmetro e da massa dele?

(Aluno 26): Para saber se ele é um planeta mesmo ou não.

(Aluna 04): Porque o tamanho dele, a medida é diferente dos outros.

(Aluna 14): A lua dele se chama Caronte.

(Aluno 26): Que ele é bem menor do que estavam achando. Dá para medir por várias maneiras.

(Aluna 12): Cabem nele 8 luas da lua dele.

(Prof.^a): E estas medidas variaram, não é? E aí vem uma pergunta para vocês. Por que as medidas do diâmetro e massa de um corpo celeste são importantes na discussão que estamos fazendo, relacionada à classificação de Plutão?

(Aluno 26): Para saber se ele é um planeta ou não e como classificar.

(Prof.a): Isso quer dizer o que?

(Aluna 12): Se ele é planeta, asteroide, no que classificar ele.

(Aluno 31): Se ele é uma estrela ou um planeta.

(Prof.^a): Mas por que é importante saber a massa e o diâmetro?

(Aluno 26): Por que os planetas para serem considerados tem que ter uma massa e o diâmetro certo. Só que Plutão está muito distante deste diâmetro.

(Aluno 22): Porque para classificá-lo como planeta, tem um mínimo de massa e diâmetro para classificar, entendeu?

(Prof.^a): Tem a ver com isso. Tem alguns critérios que eu preciso olhar para classificar. Será que a massa e o diâmetro são critérios? É isso que vamos olhar. Então, vamos pensar em quais corpos celestes nós temos no Sistema Solar para classificar...

Durante esta *problematização inicial*, em que se realizou um levantamento dos corpos celestes do Sistema Solar conhecidos pelos alunos, as seguintes menções foram feitas: Sol, estrelas, a Lua, planetas, meteoros, planetas-anões. A professora ressaltou que no Sistema Solar só há uma estrela, o Sol. Também mencionou algumas das diferenças entre estrela, planeta e asteroide (OC), conforme roteiro apresentado no Anexo XVII. Finalizou a aula propondo aos alunos que, em grupo, classificassem alguns corpos celestes como planeta, asteroide, cometa ou planeta anão, a partir do conhecimento de algumas de suas características: massa, diâmetro, inclinação da órbita em relação à eclíptica e composição química (AC). Também solicitou-se que os estudantes explicitassem os critérios utilizados para elaborar a classificação (roteiro no ANEXO XVI).

Na aula seguinte, as respostas de alguns grupos (classificação e os critérios adotados) foram colocadas na lousa para uma discussão mais ampla (AC). Conversou-se sobre as semelhanças e diferenças entre as classificações. Os alunos adotaram algumas das características dos corpos celestes mencionadas no roteiro da atividade (ANEXO XVI) como critério de classificação: massa, diâmetro e composição química.

Durante a discussão, os alunos explicitaram a percepção de que para classificar os corpos celestes torna-se necessário adotar mais de um critério de seleção.

(...)

(Prof.^a): E o grupo 1? Qual foi o critério de vocês?

(Aluno 34): A massa e o diâmetro

(Prof.^a): E aí pessoal, será que a classificação dos meninos que olharam estes dois critérios é melhor do que o das meninas que olharam para a massa?

(Aluno 26): Nós fizemos pelo diâmetro e depois acertamos com a massa.

(Aluno 21): Quanto mais características você olha, mais fácil fica. Por exemplo, você olha uma coisa que aparece mais do que a outra e para ter certeza, você olha outra que pode ajudar.

(Prof.^a): Entendi. Você olha um critério maior e ...

(Aluno 26): Não, você olha o todo.

(Aluno 21): Olha só uma coisa.

(Aluno 26): E depois você vai achar o que aparece mais e classifica, vai ficar bem mais fácil...

Além disso, perceberam que alguns dos corpos celestes mencionados na atividade apresentam características semelhantes, o que dificulta sua classificação.

(Prof.^a): Foi fácil ou foi difícil fazer isso?

(Aluno 26): Médio

(Prof.^a): Por que foi médio?

(Aluna 06): Eu achei difícil.

(Aluno 26): Porque eles têm características parecidas, então a gente ficava meio confuso.

(Aluno 35): Porque eles são parecidos em uma característica e quando você olhava para a outra não batia.

(Aluno 26): Por isso é que há dúvida de Plutão, né professora? São várias características...

(Prof.^a): Vocês viram porque é que é difícil, pelo menos é o que o pessoal está colocando: parece que há corpo celeste que se enquadra bem em um critério, mas parece que ele também se enquadraria em outro grupo que vocês criaram...Então fica esta dúvida...É difícil mesmo fazer classificação porque a escolha dos critérios é algo que tem que ser muito bem feito porque aqueles critérios têm que representar o objeto. Por exemplo, quando eu falo, este objeto é um cometa...

A professora continuou a discussão ressaltando a importância da escolha dos critérios para se elaborar uma classificação conforme roteiro apresentado no Anexo XVII. Também contou aos alunos quais eram os corpos celestes por eles classificados às escuras. E, uma vez conhecidos os corpos celestes da tabela, comparou as características de Plutão com os demais astros citados.

5.5. Atividade V: Definição de planeta

A aula foi iniciada com uma discussão realizada por toda a classe, a partir do questionamento da professora sobre a importância de realizar classificações de modo geral. Os alunos parecem ter compreendido que as classificações ajudam a identificar e a diferenciar os objetos.

(Aluno 34): Para você, por exemplo, pegar um objeto e saber o distanciamento dele, o tamanho. Por exemplo, você vai comprar uma geladeira, você precisa saber se ele passa na porta.

(Prof.^a): Então é porque ela ajuda a saber algumas informações sobre o objeto?

(Aluno 35): Para ver se ele se enquadra em algum lugar...

(Aluno 26): É a mesma coisa de você pegar um homem e uma mulher, ah, é tudo igual. Então, eu os classifico. Esses aqui têm essas características, são homens, têm essas características, são mulheres.

(Prof.^a): Parece, então, que eu consigo distinguir os objetos através das classificações, não é? Então, no que as classificações me ajudam? A conhecer características gerais dos objetos e o simples fato de ele estar naquela categoria já me traz informações sobre aquele objeto. Então eu não preciso saber especificidades, características de cada objeto. Talvez se eu souber do grupo, da classificação, eu já vou saber informações gerais sobre o objeto que faz parte dela.

(Aluno 26): Vou saber que é diferente, já, né, professora?

E também parece que compreenderam que, dependendo da finalidade, pode-se selecionar critérios de classificação diferentes.

(Prof.^a): Para eu elaborar critérios de classificação, o que é importante fazer? O que é importante olhar em um objeto?

(Aluno 34): O tamanho, espessura.

(Aluno 35): Peso.

(Aluna 14): O volume.

(Aluno 34): Massa.

(Aluno 26): Se movimenta, se não.

(Prof.^a): Eu posso olhar para algumas características, não é? Mas qual é a mais importante? Como escolher qual característica eu vou olhar?

(Aluno 26): Depende do que você quer especificar.

(Aluno 21): Depende do que você está procurando.

(Prof.^a): Pode depender da finalidade, então?

(Aluno 26): Por exemplo, eu quero um planeta, vou olhar massa. Se eu quero um cachorro, vou olhar tipo do pelo...

(Prof.^a): Então, pessoal, nós temos que escolher critérios que melhor representem um objeto. Os critérios devem ser bem selecionados para que quando se faça a distinção, eu consiga classificá-los de maneira correta. A definição de planeta só foi formalizada...

Após esta breve discussão, a professora lembrou sobre a discussão relacionada à classificação de planeta para Plutão, destacando que, para pensar em critérios que melhor caracterizavam um planeta, a União Astronômica Internacional (UAI) formou uma comissão que apresentou sua proposta em uma assembleia em 2006, conforme roteiro do planejamento da aula apresentado no Anexo XIX. E propôs, com o objetivo de que os alunos vivenciassem a dificuldade de se construir uma definição, neste caso, para planeta, que elaborassem um conjunto de critérios que definissem “planeta” e decidissem se Plutão se enquadra nestes critérios ou não e o porquê (PI).

Para isso, foi entregue aos alunos um esquema contendo algumas informações estudadas ao longo das últimas aulas para auxiliá-los nesta tarefa (OC). O roteiro entregue encontra-se no Anexo XVIII. Os alunos foram informados que cada grupo deveria escolher um representante para apresentar e defender suas ideias para a classe na aula seguinte. Os estudantes trabalharam o restante da aula na construção de suas definições para planeta.

Para a aula seguinte, a professora chamou os representantes de dois grupos selecionados para apresentarem à classe os critérios elaborados na atividade. Foram escolhidos aqueles que apresentaram, no trabalho escrito, justificativas claras para os critérios por eles elaborados para a definição de planeta. Uma cópia dos trabalhos selecionados encontra-se no Anexo XX.

A professora colocou as respostas dos dois grupos na lousa e convidou os dois representantes de cada grupo a apresentá-las para toda a classe através de um debate (AC). A transcrição do debate na íntegra encontra-se no Anexo XXII.

Ao analisar a transcrição do debate foi possível perceber que os alunos parecem ter compreendido algumas das características dos corpos celestes, sabendo diferenciar estrela, planeta e asteroide. Eles diferenciaram estrelas de planetas, sabendo que estas possuem luz própria. Além disso, diferenciaram os planetas dos asteroides através do formato, considerando que os planetas possuem forma esférica e os asteroides formato irregular.

(Aluno 21): Boa Noite. Para nós o planeta tem que ter o diâmetro maior que 4000, não pode possuir luz própria, porque, se possuir, é uma estrela, tem que girar em torno do Sol, os asteroides também giram, mas não possuem o formato de esfera.

Os alunos também perceberam que a inclinação da órbita de Ceres, Plutão e de Éris é maior do que a dos planetas e consideraram esta característica um bom critério para diferenciar estes três corpos celestes dos planetas. Além disso, mencionaram que o diâmetro médio destes astros também é menor em relação aos planetas.

(Aluna 17): A inclinação da órbita, porque se a gente fosse olhar a tabela que a professora tinha passado, nós percebemos que a inclinação de Plutão, Éris e Ceres é bem maior que de qualquer outro planeta. O diâmetro, porque eles não são considerados planetas; Plutão, Ceres e Éris, porque o diâmetro deles é bem menor do que qualquer dos outros planetas.

Da mesma forma que no debate da *Atividade IV: Classificação dos corpos celestes*, os alunos durante a discussão também explicitaram a percepção de que para classificar os corpos celestes torna-se necessário adotar mais de um critério de seleção.

(Aluno 21): Pegando tudo isso aqui (aponta para critério “gira em torno do Sol” e “possuem forma de esfera”), os planetas e asteroides giram em torno do Sol, mas os asteroides não têm forma de esfera, então os asteroides são excluídos pela última opção.

(Aluna 17): Se nós não levamos em consideração esse (aponta para critério “forma de esfera”), a gente não vai saber diferenciar asteroide de um planeta.

(Prof.^a): A Aluna 17 está colocando que este critério não é muito útil, porque se eu não olhar para os outros, eu não vou saber diferenciar. Agora vocês terão que pensar, lembrem, que os critérios escolhidos devem representar as características dos objetos. A classificação diz “aqueles objetos são desse jeito”.

(Aluno 21): Mas se eu pensar que gira em torno do Sol, eu já vou saber que ou é asteroide ou é planeta.

(Aluna 12): Mesmo que tenha sido asteroide ou planeta, quando eu digo gira em torno do Sol, a primeira coisa que eu vou pensar é em planeta.

(Aluna 17): Para alguém que olha de fora e não sabe os critérios pode confundir um asteroide com um planeta.

(Aluno 35): Para acabar de vez, eu acho que esses dois deveria juntar: gira em torno de Sol e possui forma esférica. Se for um e outro é planeta, se for um, mas não é o outro, não é planeta.

(...)

(Aluna 12): Se eu olhar só a forma esférica, desculpa, eu não vou saber se é planeta, se é lua, se é Sol. Não tem um critério que sozinho eu digo, ah, é um planeta.

(Aluno 26): É a minha opinião. Não é apenas com um critério que você vai descobrir.

Ao término da discussão os alunos votaram em cada um dos critérios, para se definir planeta, a eles apresentados pelos representantes dos dois grupos selecionados. Os critérios escolhidos pela classe, por votação, para se definir planeta, foram os seguintes: corpos celestes que possuem diâmetro maior que 4000 km, não possuem luz própria, giram em torno do Sol e possuem certo valor de máxima inclinação em relação à eclíptica.

Através desta atividade os alunos puderam vivenciar a dificuldade que envolve a definição de critérios para se elaborar uma classificação. Além disso, participaram de um clima de debate, aprendendo a ouvir os argumentos dos colegas e a apresentar os seus antes de se posicionar. A percepção foi de um grande interesse dos alunos em participar da discussão.

Depois de resolvida a proposta da classe para se definir planeta, a professora contou como ocorreu a Assembleia de 2006 da União Astronômica Internacional e quais critérios foram definidos para planeta naquela reunião, conforme roteiro de planejamento da aula apresentado no Anexo XIX. A aula foi finalizada com uma síntese do curso, enumerando-se os principais temas discutidos durante a intervenção.

5.6. Atividade VI: Avaliação Final

Na aula posterior ao término da *Atividade V – Definição de planeta* foi aplicado um Questionário Final (ANEXO XXI), que procurou avaliar as concepções dos estudantes em relação à transitoriedade da ciência e o grau de confiabilidade atribuído a este saber.

Para finalizar, os alunos foram convidados a escrever uma redação, contando o que aprenderam ao longo do curso.

As análises dos dados obtidos com estes instrumentos encontram-se no próximo capítulo.

5.7. Percepções possíveis através da dialogicidade

Os diálogos transcritos e analisados foram aqueles realizados com toda a classe. Estes ocorreram principalmente no momento da *problematização inicial* (PI) e/ou no momento da *aplicação do conhecimento* (AC) de cada atividade, conforme já previsto teoricamente (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

A leitura dos diálogos transcritos permitiu perceber a importância da PI como meio para identificar algumas das dificuldades dos alunos em relação ao tema em pauta e/ou aguçar a curiosidade do aluno para os temas a serem discutidos posteriormente.

Na problematização inicial da Atividade I, primeira discussão da proposta de ensino e momento em que os alunos falaram sobre o que sabiam sobre Plutão não ser mais considerado planeta, percebeu-se que alguns alunos tinham dificuldade em diferenciar planeta de estrela. As perguntas *Uma estrela pode ser maior que um planeta?* e *O Sol não é uma estrela?* ilustram a pouca noção destes dois alunos sobre as características destes corpos celestes. Daí a percepção de que a *Atividade IV: Classificação dos corpos celestes*, já planejada e integrante da proposta de ensino, seria essencial para se compreender o caso Plutão. Nesta atividade os alunos conheceriam as principais características dos corpos celestes e a partir delas, poderiam tentar diferenciá-los.

Além disso, ao final desta discussão, quando os alunos apresentaram suas opiniões sobre Plutão ter deixado de ser considerado planeta, verificou-se que os próprios alunos sentiram a necessidade de conhecer as características dos corpos celestes, tal como exemplifica a questão feita pelos alunos: *Quais são as características para fazer um planeta virar estrela?* e *Existe padronização para ser considerado planeta?*. Estes momentos mostram a importância da PI, tanto para o professor conhecer as dificuldades que os alunos apresentam sobre o tema, quanto para que os estudantes percebam que há a necessidade de se adquirir novos

conhecimentos para compreender melhor o problema em questão. Tal como se percebeu na PI da atividade *Construção do Sistema Solar em escala*, uma vez que os alunos passaram a questionar, após terem contato com os valores de distância média dos planetas ao Sol e diâmetro médio, como estas medidas foram obtidas. A problematização inicial, neste caso, foi importante para aguçar a curiosidade dos alunos para o estudo do tema seguinte: determinação de distância e diâmetro dos planetas.

Os diálogos transcritos referentes aos momentos da AC, conforme previsto teoricamente, são discussões que se remetem às questões propostas inicialmente. Desta forma, a leitura destes diálogos permitiu identificar alguns dos aprendizados dos alunos em relação a estas questões.

Na AC da Atividade I, ao apresentarem o resultado da análise dos textos propostos, foi possível identificar que os alunos compreenderam que existia uma divergência sobre a classificação de Plutão, tal como exemplifica a colocação feita por um dos alunos: *Se ele é um asteroide ou um mini planeta. Eles não sabem definir.* Além disso, eles perceberam que a reclassificação estava relacionada às dimensões de Plutão:

(Aluno 30): *Ele é pequeno*

(Aluno 22): *A massa dele é 0,2 da massa da Terra.*

Durante os debates relativos à AC da *Atividade IV: Classificação dos corpos celestes* e da *Atividade V: Definição de planetas*, também foi possível verificar que os alunos parecem ter percebido que para classificar os corpos celestes torna-se necessário adotar mais de um critério de seleção, conforme indicam as colocações dos alunos feitas na Atividade IV e V respectivamente: (Aluno 21): *Quanto mais características você olha, mais fácil fica* e (Aluno 26): *Não é apenas com um critério que você vai descobrir.*

Ainda, durante o debate da Atividade V, os alunos explicitaram a percepção de que alguns corpos celestes possuem características muito semelhantes, o que dificulta a classificação e relacionaram esta dificuldade ao problema da reclassificação de Plutão.

(Aluno 35): *Porque eles são parecidos em uma característica e quando você olhava para a outra não batia.*

(Aluno 26): Por isso é que há dúvida de Plutão, né professora? São várias características...

Contudo, no debate da Atividade V, foi possível perceber que os alunos parecem ter compreendido algumas das características dos corpos celestes, sabendo diferenciar estrela, planeta e asteroide.

Aluno 21): Boa Noite. Para nós o planeta tem que ter o diâmetro maior que 4000 km, não pode possuir luz própria, porque, se possuir, é uma estrela, tem que girar em torno do Sol, os asteroides também giram, mas não possuem o formato de esfera.

Além das percepções acima, as transcrições dos diálogos ocorridos durante as atividades da proposta de ensino permitiram identificar dois momentos em que os alunos fizeram comentários que mostram que as discussões os fizeram refletir sobre algumas características da ciência. O primeiro caso ocorreu na Atividade I, durante a PI, momento em que foi possível perceber a potencialidade do problema escolhido, o caso Plutão, para problematizar a transitoriedade da ciência, conforme ilustra a fala do Aluno 26: *“E outra, a ciência muda a cada dia. Cada coisa vai sendo derrubada cada vez mais, por que isto também não pode ser derrubado? De planeta para outro astro?”*. O segundo caso ocorreu na Atividade III, durante o estudo das distâncias dos planetas. Neste momento um dos alunos explicitou a percepção da importância da teoria e da matemática para o desenvolvimento da ciência.

(Aluno 26): Sempre tem uma teoria envolvida né, professora? O cara não chegou lá, olhou para o céu e falou “tem 100 milhões de metros daqui até o Sol”, então, tem sempre uma teoria por trás.

(Aluna 04): E a matemática!

(Prof.a): Olha que legal o que estamos percebendo. A ciência envolve a teoria, a explicação que estamos desenvolvendo e a matemática.

Não foram planejadas discussões explícitas sobre características da natureza da ciência, portanto, estes dois momentos apresentados anteriormente são falas espontâneas dos alunos, motivadas pelo contexto das aulas. Para analisar de maneira sistemática as percepções dos alunos sobre o fazer científico foram feitas questões específicas, ao longo das aulas, que foram respondidas por escrito pelos alunos. Também foi aplicado um questionário antes e após a vivência da proposta de ensino com tal objetivo. As análises destes dados são apresentadas no próximo capítulo.

Capítulo 06

Proposta de ensino: o antes e o depois

Para analisar, de maneira mais sistemática, se a vivência das atividades da proposta de ensino permitiram um re(olhar) dos alunos para alguns elementos da natureza da ciência, propiciando ou não, um crescimento, amadurecimento ou aprofundamento da imagem do fazer científico concebido pelos alunos, realizou-se uma comparação da concepção discente sobre a transitoriedade da ciência e do grau de autoridade que os alunos atribuíam/atribuem a este saber antes e ao término da aplicação proposta de ensino.

Para isso, adotou-se como instrumento de coleta de dados o uso de um Questionário Inicial (ANEXO III) e Final (ANEXO XX), aplicado respectivamente antes e depois da aplicação da proposta de ensino.

O Questionário Inicial (QI) foi respondido no mês de abril. A aplicação da proposta de ensino iniciou-se em setembro e terminou em dezembro de 2011, mês em que os alunos responderam o Questionário Final (QF).

Construiu-se o QI a partir dos resultados obtidos de um Questionário Preliminar (ANEXO I), aplicado para a turma que cursava o terceiro ano do Ensino Médio no ano anterior ao ano em que se aplicou a proposta de ensino, ou seja, quando a turma com a qual a intervenção foi desenvolvida cursava o 2º ano.

As cinco primeiras questões do Questionário Preliminar (QP) foram adaptações do questionário desenvolvido por Lederman et al. (2002). Estas questões investigaram como os alunos caracterizavam a ciência de uma maneira mais geral e a diferenciavam das demais disciplinas (questão 01), como viam o papel do experimento no desenvolvimento da ciência (questão 02), se aceitavam ou não a transitoriedade do conhecimento científico (questão 03), como percebiam a influência dos aspectos social e cultural (questão 4) e do papel da imaginação (questão 5) na produção desse saber.

Além da utilização de algumas questões do questionário de Lederman, desenvolveu-se uma questão (6) que procurou investigar se os alunos percebiam a ciência como uma construção coletiva e outra (7) investigando a opinião dos estudantes sobre a mudança da categorização do astro Plutão de planeta para

planeta-anão, alteração decidida na 26ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional em 2006.

Deste questionário, duas questões (3 e 7), relacionadas ao status transitório do conhecimento científico foram analisadas (ANEXO II).

3) (a) Depois que os cientistas desenvolvem uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), estas teorias mudam?

() Sim () Não

Explique por quê. Defenda sua resposta com exemplos.

7) Em 2006, os cientistas afirmaram que o astro Plutão não é mais considerado planeta. Qual é sua opinião sobre esta mudança?

Esta prerrogativa foi feita porque este aspecto da ciência está relacionado à noção de verdade que se atribui às teorias científicas e a postura crítica, ou não, que se adota em relação a este saber.

Após uma leitura exaustiva das respostas dadas a estas questões procurou-se agrupar as afirmações de aceitação ou não da transitoriedade das explicações científicas ou da nova classificação de Plutão a partir da análise das justificativas.

Os dados obtidos revelaram que, ao se elaborar uma resposta direta ao questionamento sobre a transitoriedade das teorias científicas, um pouco mais da metade dos alunos aparenta aceitá-la. Contudo, ao avaliar o julgamento dos alunos referente à mudança da categoria de Plutão, há uma incoerência se compararmos com as respostas dadas à primeira questão. Entre os alunos que afirmaram que as teorias científicas podem mudar, aproximadamente metade deles não aceitou a mudança de categorização de Plutão. O mesmo contraste aconteceu com aqueles que não aceitaram o caráter temporário das teorias científicas, metade deles aceitou a nova classificação de Plutão. Este resultado parece mostrar que estes alunos não relacionaram a possibilidade das mudanças nas teorias científicas com a mudança na categorização de Plutão, daí a incoerência entre as respostas apresentadas para as duas questões. Além disso, 38% dos 86 alunos que responderam a questão 07 do QP explicitaram justificativas que indicam uma aceitação acrítica dos estudantes aos dados da ciência. Dentre estes, 23% não aceitaram a nova categoria de Plutão devido à longa data a que se atribui tal classificação, 7% aceitaram a mudança baseando-se na confiança na decisão dos cientistas e 8% aceitaram a nova classificação considerando que esta é decorrente de novas descobertas sem

explicitar outros julgamentos (ALBUQUERQUE, LEITE, 2010). Esta postura aparentemente passiva de uma parcela dos estudantes em relação ao conhecimento científico e a incoerência das respostas encontradas sobre o dinamismo da ciência motivou a construção do QI (ANEXO III), que procurou investigar de maneira mais específica estes elementos.

Para isso foram inclusas questões que procuraram investigar a concepção dos alunos sobre a transitoriedade da ciência (questões 5, 6 e 8) e o quanto de autoridade eles concedem a este saber (questão 4). Além de perguntas com a finalidade de identificar como os alunos veem o cientista (questões 2 e 3), a partir do pressuposto que estas poderiam nos ajudar a compreender o grau de autoridade atribuído pelos estudantes à ciência, e questões que procuraram mapear o que os alunos sabiam sobre a reclassificação de Plutão (questões 7 e 8), tema principal da proposta de ensino.

Os resultados obtidos com o Questionário Inicial (QI), aplicado antes da intervenção, foram comparados com os dados do Questionário Final (QF), proposto após realização das atividades da proposta de ensino, conforme foi dito anteriormente.

No QF foram propostas questões que procuraram investigar a concepção dos alunos sobre a transitoriedade da ciência (questões 2 e 3), o quanto de autoridade eles concediam a este saber (questão 4) e se os alunos percebiam a ciência como um processo em construção (questões 6 e 7). Além de questões que tentaram mapear se os alunos compreenderam as razões da reclassificação de Plutão (questão 5) e avaliar se conseguiriam empregar os conhecimentos estudados em outra situação que envolvesse a medição das dimensões de um corpo celeste muito distante e sua classificação a partir dos dados obtidos (questão 8).

Dentre as questões propostas no QI e no QF foram selecionadas para análise aquelas para as quais os alunos trouxeram informações explícitas e mais diretas sobre o objeto de estudo investigado.

Para avaliar o grau de autoridade que os alunos explicitaram conceder à ciência antes e após a intervenção foram selecionadas as duas questões de número 04 de cada questionário.

4) Cientistas realizam investigações quando tentam encontrar respostas para suas questões de pesquisa. Você confia nas explicações dadas pelos cientistas? Por que sim ou por que não? (QI)

4) A confiança que você tem nas explicações dadas pelos cientistas se modificou, de alguma maneira, ao estudar as polêmicas relacionadas ao caso Plutão? Por quê? (QF)

Para mapear a concepção discente sobre a transitoriedade da ciência apresentada antes e ao término da proposta de ensino, os resultados da questão 05 do Questionário Inicial (QI) foram comparados com os da questão 03 do questionário Final (QF).

5) Depois que os cientistas realizam suas pesquisas, eles podem mudar de opinião, ou seja, suas explicações podem vir a mudar? Por que sim ou por que não? (QI)

3) Modificações nas classificações dos objetos é um caso particular de possível mudança na ciência. De uma forma mais ampla, as explicações científicas podem mudar? Dê exemplos que justifiquem sua resposta. (QF)

Em relação à transitoriedade da ciência, também foi avaliado se os alunos conseguiram identificar episódios que ilustram esta característica do conhecimento científico no contexto da história da descoberta dos planetas e do caso Plutão.

Para isso, além de verificar quais foram os exemplos citados pelos alunos na questão 03 do QF, também foi feito um levantamento similar ao término da Atividade II da proposta de ensino. Nesta atividade, após já conhecerem algumas das controvérsias relacionadas à reclassificação de Plutão e terem discutido e lido o texto *A descoberta dos planetas do Sistema Solar* (ANEXO VIII), os alunos foram solicitados a identificar entre os episódios estudados, situações que revelassem o caráter transitório do conhecimento científico.

Questões: Pensando sobre o trabalho científico

1) Após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, descreva situações que revelem as características da ciência mencionadas a seguir:
b) Caráter transitório do conhecimento científico. (ANEXO IX)

Uma vez feitos estes dois levantamentos, comparou-se se os exemplos mencionados na Atividade II foram os mesmos citados na questão 03 do QF, aplicado ao término da proposta de ensino.

Além da tentativa de verificar a potencialidade da intervenção em problematizar o caráter transitório do conhecimento científico e comparar o grau de

autoridade que os alunos disseram conceder à ciência antes e ao término da proposta de ensino, também tentou-se verificar qual foi a compreensão dos alunos sobre alguns dos temas discutidos ao longo das aulas.

Para isso foram feitas perguntas, ao longo das aulas, relacionadas ao entendimento dos alunos sobre as razões para a variação das medidas das dimensões de Plutão, sobre a confiança que eles disseram ter nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris e a opinião dos estudantes sobre a classificação de Plutão. Ao término da proposta de ensino, os alunos também redigiram uma redação contando o que aprenderam ao longo do curso.

Os diferentes tipos de respostas e argumentos apresentados pelos estudantes foram identificados para cada questão, de modo a avaliar a importância de cada atividade para a compreensão do problema principal proposto, ou seja, a reclassificação de Plutão.

Apresentam-se a seguir os resultados obtidos.

A princípio apresenta-se o mapeamento feito sobre a concepção inicial e final dos alunos em relação à transitoriedade da ciência e a comparação do grau de confiabilidade que os alunos disseram/dizem ter na ciência no início e ao término da proposta de ensino. Em seguida, apresenta-se a nossa percepção sobre o aprendizado dos alunos em relação aos temas propostos ao longo da intervenção e o olhar dos alunos em relação ao próprio aprendizado.

6.1. Transitoriedade da ciência

Ao todo 32 estudantes responderam ao QI e, por coincidência, contou-se, não com os mesmos alunos, mas com o mesmo número de presenças na data que aplicamos o QF. Dentre estes 32 questionários iniciais e finais, 26 foram respondidos pelos mesmos alunos. A princípio, apresenta-se um panorama sobre a concepção discente sobre a transitoriedade da ciência de modo geral, a partir da análise dos 32 questionários iniciais e finais. Posteriormente, para uma análise mais aprofundada, as respostas dos 26 alunos que estavam presentes na aplicação dos dois questionários foram comparadas individualmente.

Após uma leitura exaustiva das respostas dadas à questão 05 do QI (ANEXO III) - *Depois que os cientistas realizam suas pesquisas, eles podem mudar de*

opinião, ou seja, suas explicações podem vir a mudar? Por que sim ou por que não?, agruparam-se as afirmações a respeito da transitoriedade em relação às explicações científicas em categorias construídas a partir da análise das justificativas apresentadas pelos estudantes.

As respostas que indicam a possibilidade da transitoriedade da ciência (t) foram agrupadas em três categorias distintas: (t₁) justificativas que atribuem tal possibilidade a novos estudos e descobertas de modo geral, (t₂) afirmações que especificaram que as novas descobertas são decorrentes do avanço tecnológico e (t₃) justificativas que afirmaram que a transitoriedade da ciência decorre da existência de incertezas inerentes às teorias anteriores.

As respostas dos alunos que indicaram não concordar com a transitoriedade das explicações científicas (nt), também foram classificadas em 03 categorias, que apresentam argumentos relacionados à: (nt₁) confiança nos cientistas, pois estes têm certeza sobre o que dizem, (nt₂) inexistência de mudanças, mas o surgimento de novas teorias e (nt₃) existência de uma única explicação.

Posteriormente, após a intervenção, para a questão 03 do QF - *Modificações nas classificações dos objetos são um caso particular de possível mudança na ciência. De uma forma mais ampla, as explicações científicas podem mudar? Dê exemplos que justifiquem sua resposta*, as respostas dos alunos que indicaram que a ciência pode mudar também foram agrupadas nas categorias t₁, t₂ e t₃. Em relação a não concordância com a transitoriedade da ciência, apenas a categoria nt₃ foi encontrada para as respostas do QF.

6.1.1. Concepção inicial sobre a transitoriedade da ciência

Os resultados da classificação das respostas da questão 05 do QI são apresentados a seguir. Além da distribuição encontrada para cada categoria, apresentam-se exemplos de respostas classificadas em cada uma delas:

(t₁)- novos estudos e descobertas (38%)

Sim, pois são feitos vários estudos e experiências e elas tendem a mudar com o passar do tempo. (Aluna 1)

Podem sim, pois eles estão sempre descobrindo coisas novas, e qualquer detalhe pode mudar muita coisa em suas descobertas. (Aluno 36)

(t₂)- avanços tecnológicos (3%)

Sim, pois o mundo muda e com o avanço da tecnologia, as pesquisas mudam também. (Aluna 15)

(t₃)- incertezas das teorias anteriores (22%)

Sim, pois eles podem estar enganados ou ter falado algo sem muita certeza. (Aluna 6)

Eu acho que eles podem mudar de opinião se realizar e provar com outras experiências em cima das consideradas erradas. (Aluno 35)

No caso das respostas negativas, ao todo, 4 alunos (12%) afirmaram que as teorias não mudam e justificaram sua resposta com os seguintes argumentos:

(nt₁)- os cientistas têm certeza do que dizem (6%)

Eu acho que não, pois antes de afirmar qualquer pesquisa tem que ter certeza do que fala. (Aluna 11)

Para mim não, pois se estudaram é para ter uma resposta concreta. Tal engano pode afetar algo ou alguém. (Aluna 16)

(nt₂)- não há mudança, mas o surgimento de novas teorias (3%)

Quase sempre não, não mudam, criam uma diferente. (Aluno 21)

(nt₃)- a explicação é única (3%)

Não, porque a resposta é só uma. (Aluno 24)

6.1.2. Concepção final sobre a transitoriedade da ciência

As justificativas dos alunos que afirmaram que as explicações da ciência podem mudar no Questionário Final foram classificadas, como dito anteriormente, nas mesmas categorias elaboradas na análise do Questionário Inicial.

(t₁)- novos estudos e descobertas (40%)

Sim, pois ao longo do tempo de pesquisas, há um aprofundamento no assunto, há acumulação de experiências que ajudam muito os cientistas compreenderem as relações e a possibilidade de mudanças. Um grande exemplo é a classificação de Plutão. (Aluna 10)

Sim, as explicações científicas podem mudar de acordo com o tempo. Quanto mais estudos, mais se descobre sobre algo pesquisado. Um exemplo claro disso é o planeta-anão Plutão que já teve inúmeras explicações. (Aluno 32)

(t₂)- avanços tecnológicos (47%)

Podem sim, através da evolução da tecnologia, que a cada dia consegue resultados com mais precisão ou mais próximos do real. (Aluna 08)

Sim, pois algum tempo atrás os cientistas não tinham muitas informações sobre o tamanho de Plutão, mas com o avanço da tecnologia as explicações científicas mudaram. (Aluna 09)

(t₃)- incertezas das teorias anteriores (3%)

Sim, porque os cientistas pode ocorrer algum erro em sua pesquisa, ou então a interpretação do fenômeno ou do objeto de modo incorreto. (Aluno 25)

O aluno que afirmou, no questionário inicial, que as explicações científicas não podem mudar manteve seu posicionamento ao responder o questionário final:

(nt₃)- a explicação é única (3%)

Não, porque do mesmo modo em que se descobria os objetos no passado, se descobre hoje. Apenas os instrumentos de uso mudam com o avanço da tecnologia. (Aluno 24)

6.1.3. Concepção sobre a transitoriedade da ciência: inicial x final

Na Tabela 04 a seguir apresenta-se uma tentativa de comparação entre os resultados encontrados sobre a posição expressa pelos alunos em relação à transitoriedade da ciência nos QI e QF, ou seja, antes e após a aplicação da proposta de ensino.

Tabela 04: Transitoriedade da ciência

Transitoriedade da ciência As explicações científicas podem mudar?			
Respostas	Justificativas	Antes (%)	Depois (%)
Sim	Novos estudos e descobertas	38	44
	Incertezas das teorias anteriores	22	3
	Avanços tecnológicos	3	44
Total: Sim	-	63	91
Sim, não justificou	-	19	6
Não	Não há mudança, mas o surgimento de novas teorias	3	0
	Os cientistas tem certeza do que dizem	6	0
	A resposta é única	3	3
Não sabe	-	6	0
Total: Não, não sabe ou sem justificativa	-	37	9

Dentre os 32 alunos que responderam ao questionário inicial, 63% afirmaram que as explicações científicas podem mudar e as justificaram. Outros 19%, muito

embora também tenham apresentado uma resposta afirmativa, não explicitaram as razões de sua resposta ou trouxeram argumentos muito vagos, de modo que não foi possível compreendê-los. Ao total, 12% dos alunos negaram tal possibilidade, sendo que 3% desses últimos aceitam certa coexistência de teorias, afirmando que as explicações científicas existentes não mudam, mas podem surgir novas teorias sobre o mesmo tema, enquanto 6% dos alunos registraram que não sabiam responder a questão proposta.

Após a vivência das atividades da proposta de ensino, dentre os 32 alunos que responderam ao questionário final, 91% afirmaram que as explicações científicas podem mudar, justificando suas respostas; 6% responderam de forma afirmativa, mas não explicitaram suas razões, enquanto 3% negaram tal possibilidade, justificando.

Portanto, os dados apresentados na Tabela 04 indicam que após vivenciarem a intervenção, um número maior de alunos afirma que as explicações científicas podem mudar e apresentam justificativas. A porcentagem mudou de 63% para 91%, o que parece mostrar que as atividades podem ter permitido a um número maior de alunos a percepção do caráter transitório do conhecimento científico.

Ao se analisar a natureza das justificativas apresentadas, verifica-se que a porcentagem de alunos que relaciona a transitoriedade da ciência a *novos estudos e descobertas* não oscila muito, passando de 38% para 44%. O que chamou a atenção foi a variação dos valores relacionados às categorias t_3 - *incertezas inerentes as teorias anteriores* e t_2 - *avanços tecnológicos*. Houve uma queda expressiva no número de justificativas associadas à possibilidade de mudança das explicações científicas devido à existência de incertezas inerentes às teorias anteriores, 22% para 3%, e considerável aumento do número de alunos que atribuem tal fato aos avanços tecnológicos, de 3% para 44%.

Para compreender o porquê destes resultados, realizou-se uma análise comparando individualmente a natureza das justificativas apresentadas pelos 26 alunos que responderam aos dois questionários (inicial e final). As transcrições das respostas dos alunos encontram-se no Anexo XXII.

Dentre os 10 alunos que disseram inicialmente que as explicações científicas podem mudar devido a *novos estudos e descobertas*, 7 mantiveram a natureza de

suas justificativas no questionário final e 3 associaram esta possibilidade aos *avanços tecnológicos*.

Nenhum dos 7 alunos que, inicialmente, consideraram a possibilidade de mudança das teorias científicas devido a *existência de erros inerentes à teoria anterior* trouxeram justificativas de mesma natureza no questionário final. Neste, 3 alunos apresentaram razões para a transitoriedade da ciência relacionadas a *novos estudos e descobertas* e 4 alunos relacionaram aos *avanços tecnológicos*. Da mesma forma, os 4 alunos que no questionário inicial afirmaram que as explicações científicas podem mudar, mas não apresentaram justificativas, no questionário final, se dividiram entre justificativas relacionadas a *novos estudos e descobertas* ou devido a *avanços tecnológicos*.

Dentre os 26 alunos que responderam aos dois questionários, 4 alunos afirmaram, inicialmente, que as explicações científicas não podem mudar. Ao final, as duas alunas que a princípio justificaram esta posição por acreditar que os *cientistas têm certeza do que dizem*, mudaram de opinião. Uma delas (Aluna 11) afirmou que as explicações podem mudar, porém não apresentou maiores justificativas e a outra (Aluna 16) justificou tal possibilidade devido a *novos estudos e descobertas*. O estudante (Aluno 21) que foi classificado inicialmente como aquele que considerava que as explicações científicas não mudam, mas surgem novas, manteve esta posição, mas agora afirmando que este processo é uma mudança, que ocorre devido à *tecnologia e cálculos existentes hoje*. E o estudante (Aluno 24) que afirmou que as explicações científicas não mudam por serem únicas, manteve seu posicionamento.

Para facilitar a visualização dos dados, apresenta-se a seguir a Tabela 05, que compara individualmente a natureza das justificativas dos 26 alunos que responderam ao questionário inicial e final.

Tabela 05: Justificativas para a transitoriedade da ciência

Justificativas para a transitoriedade da ciência As explicações científicas podem mudar?			
Resposta	Aluno	Antes	Depois
Sim	2, 10, 12, 19, 31, 33, 34	Novos estudos e descobertas	Novos estudos e descobertas
	1, 17, 36		Avanços tecnológicos
	5, 30, 35	Incertezas das teorias anteriores	Novos estudos e descobertas
	6, 7, 23, 27		Avanços tecnológicos
	15	Avanços tecnológicos	Avanços tecnológicos
	14, 32	Não justificou	Novos estudos e descobertas
	8, 20		Avanços tecnológicos
Não	11	Está certa e não é possível mudá-la	Sim. Não justificou
	16		Sim. Novos estudos e descobertas
	21	Não há mudança, mas o surgimento de novas teorias.	Sim. Avanços tecnológicos
	24	A resposta é única	A resposta é única

Ao analisar estes resultados, vemos que a queda do número de justificativas, apresentadas no questionário inicial (Tabela 04) associadas à existência de *incertezas nas teorias anteriores* (22% para 3%), ocorreu porque estes alunos apresentaram, no Questionário Final, justificativas relacionadas a *novos estudos e descobertas* ou *avanços tecnológicos*. Esta transição também explica, em parte, o aumento (de 3% para 44%) do número de justificativas relacionadas aos *avanços tecnológicos* encontrados para o Questionário Final em relação ao resultado do Questionário Inicial. O aumento do número de respostas na categoria *avanço tecnológico* no Questionário Final também é decorrente da migração de alunos que antes não concordavam com a transitoriedade da ciência passaram a concordar e relacionar tal dinamismo ao desenvolvimento tecnológico. Além disso, alguns alunos que não haviam apresentado justificativas no Questionário Inicial também passaram a apresentar esta justificativa no Questionário Final.

Uma vez constatado que a principal diferença entre os resultados obtidos para o Questionário Inicial em relação ao Questionário Final está na queda do índice de respostas na categoria I- *incertezas inerentes às teorias anteriores* (22% para 3%) e no aumento do índice de respostas da categoria T- *avanços tecnológicos* (de 3% para 44%), tentou-se compreender as razões desta migração.

Nossa hipótese para a queda do índice de respostas classificadas na categoria (I) do QI em relação ao QF está relacionada à forma como as transições

das teorias científicas foram abordadas durante a intervenção. Procurou-se ressaltar a importância de cada cientista e do conhecimento produzido em cada época para a construção do conhecimento atual. Este tipo de abordagem pode ter levado os alunos a verem as mudanças do conhecimento científico mais como consequência do próprio processo de construção desse saber do que à existência de erros nas teorias anteriores.

Em relação ao aumento do número de respostas justificando a transitoriedade da ciência como decorrência do avanço tecnológico, supõe-se ser devido ao papel de destaque que a tecnologia tem para o tema em discussão. A existência de melhores instrumentos de observação foi crucial tanto para as descobertas de mais planetas no céu, além daqueles vistos a olho nu, como para melhores medições das dimensões de Plutão. A percepção por parte dos alunos da importância do desenvolvimento tecnológico nestas questões pode ser a explicação para o maior número de respostas justificando a transitoriedade da ciência como decorrência do avanço tecnológico no Questionário Final.

6.1.4. Exemplos da transitoriedade da ciência: inicial x final

A proposta de ensino inspirada no caso Plutão traz à tona alguns exemplos do caráter transitório do conhecimento científico. Entre eles:

- a crença de que só existiam os planetas vistos a olho nu e, então, a descoberta de outros planetas no Sistema Solar;
- o processo de transição entre a concepção do modelo geocêntrico para heliocêntrico do universo;
- as várias mudanças das categorias de alguns dos corpos celestes, tais como os casos de Ceres e Plutão que tiveram suas classificações alteradas em consequência das implicações decorrentes de descobertas de asteroides ao seu redor.

Durante a Atividade II da proposta de ensino, ao contar aos alunos sobre alguns episódios relacionados à história da descoberta dos planetas, a professora trouxe estes exemplos à tona. Para verificar se os alunos perceberam que estes episódios ilustram o caráter transitório do conhecimento científico, ao término desta mesma atividade, solicitou-se aos alunos que identificassem situações que revelassem a transitoriedade da ciência. Para ajudar nesta tarefa, os alunos tinham

em mãos o texto *A descoberta dos planetas do Sistema Solar* (ANEXO VIII), uma transcrição da apresentação realizada pela professora.

Para verificar se os alunos ainda tinham em mente estes exemplos sobre a transitoriedade da ciência ao término da proposta de ensino, os exemplos apresentadas pelos alunos no Questionário da Atividade II (ANEXO IX) foram comparados com episódios mencionados por estes mesmos alunos na questão 03 do QF (ANEXO XXI).

Apresentam-se na Tabela 06 as questões analisadas:

Tabela 06: Questões relacionadas à transitoriedade da ciência

Atividade II	Questões: Pensando sobre o trabalho científico 1) Após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, descreva situações que revelem as características da ciência mencionadas a seguir: b) Caráter transitório do conhecimento científico.
Questionário Final	3) Modificações nas classificações dos objetos são um caso particular de possível mudança na ciência. De uma forma mais ampla, as explicações científicas podem mudar? Dê exemplos que justifiquem sua resposta.

Ao todo 23 alunos responderam tanto ao Questionário da Atividade II (QII) quanto ao Questionário Final (QF).

Ao término da Atividade II, dentre os 23 alunos que responderam ao pedido de descrição de situações que revelam a transitoriedade da ciência, aproximadamente metade (12 alunos) realmente apresentou exemplos. Ao total, encontramos 15 menções:

a- 4 citações da transição do modelo geocêntrico para heliocêntrico do universo;

A ciência pode mudar sim com o passar do tempo, principalmente com o avanço dos estudos e da tecnologia, por exemplo, quando todos pensam que a Terra era o centro do universo e só depois, de muitos estudos foi provado que o Sol é o centro do universo, e quando Plutão foi descoberto e considerado planeta e depois com estudos e o avanço da tecnologia foi provado que ele não possui características para ser um planeta e então, deixou de ser planeta. A ciência pode sim mudar com o tempo. (Aluno 30)

b- 3 menções sobre a descoberta de mais planetas no céu, além daqueles vistos a olho nu;

Podemos sim descobrir mais com o avanço da tecnologia, pode-se descobrir outros planetas em lugares ainda não estudados ou com um estudo mais avançado, pode-se descobrir que ele não está nas normas ou

se uma determinada estrela é na verdade um planeta e não sabemos ainda. (Aluna 08)

c- 8 exemplos relacionados à reclassificação de Plutão;

Sim, a ciência é de caráter transitório, pois em muitas informações há algumas divergências, que normalmente estão relacionadas à dificuldade de fazer medições, pois a distância dificulta a observação. Um bom exemplo nos dias de hoje é Plutão. (Aluna 15)

Já no questionário final, apenas 6 dos 23 alunos trouxeram exemplos. O único exemplo mencionado foi a reclassificação de Plutão.

Sim, pois ao longo do tempo de pesquisas, há um aprofundamento no assunto, há acumulação de experiências que ajudam os cientistas a compreenderem as relações e a possibilidade de mudanças. Um grande exemplo é a classificação de Plutão. (Aluna 10)

Sim, podem mudar, mas tudo depende da velocidade do avanço tecnológico, como por exemplo, o caso Plutão, que até então foi desconsiderado como planeta, isso se deu por falta de informação por causa da distância. (Aluno 23)

Para facilitar a visualização dos dados, apresenta-se a seguir a Tabela 07, que compara individualmente os exemplos mencionados pelos 23 alunos que responderam tanto ao questionário da Atividade II (QII) quanto ao Questionário Final (QF). Os exemplos são apresentados com as seguintes siglas: (G-H) transição do modelo geocêntrico para heliocêntrico do universo, (D.P) descoberta de novos planetas, (R.P) reclassificação de Plutão e (Nada) para aqueles que não apresentaram exemplos.

Tabela 07: Atividade II x Questionário Final

Comparação dos exemplos mencionados pelos alunos que ilustram a transitoriedade da ciência						
Aluno	Atividade II				Questionário Final	
	Nada	G-H	D.P	R.P	Nada	R.P
1, 7, 11, 19,20, 24 33, 36	x				x	
10, 23, 32	x					x
5, 6		x			x	
21		x				x
30		x		x		x
8, 31			x		x	
14, 15, 17, 27, 34				x	x	
35				x		x

Ao todo, 8 alunos *não* apresentaram exemplos tanto no QII como no QF e 3 alunos citaram exemplos nestes dois momentos. 05 estudantes mencionaram a reclassificação como exemplo da transitoriedade da ciência no QII, mas não apresentaram exemplos no QF e 3 alunos não citaram exemplos no QII, mas mencionaram a reclassificação de Plutão no QF.

A partir do resultado para o QII, vê-se que nem todos os alunos conseguiram perceber, por eles mesmos, características da natureza da ciência a partir de um estudo de episódios da história da ciência. Ao término da Atividade II, após a professora contar, entre outros exemplos, sobre a crença de que só existiam os planetas vistos a olho nu, e então, a descoberta de outros planetas no Sistema Solar, sobre o processo de transição entre a concepção do modelo geocêntrico para heliocêntrico do universo e sobre as várias mudanças das categorias de alguns dos corpos celestes, tal como o caso de Plutão, próximo da metade dos alunos (46%) percebeu que estes episódios revelavam o caráter transitório do conhecimento científico.

Em relação a questão 03 do QF, verifica-se que a minoria dos alunos (23%) fundamentou sua fala sobre a transitoriedade da ciência com exemplos científicos. Aqueles que o fizeram, citaram a reclassificação de Plutão, tema central da intervenção.

Não é possível saber, pela análise dos dados coletados, se os alunos simplesmente esqueceram-se de trazer exemplos para justificar as respostas ou se não sabiam fornecê-los. De qualquer forma, aqueles que o fizeram não trouxeram nenhum outro exemplo além do estudado de maneira mais aprofundada durante a proposta de ensino.

6.2. Autoridade atribuída à ciência

Para avaliar a potencialidade da proposta de ensino em promover um olhar mais crítico para a ciência, mapeou-se e comparou-se o grau de confiabilidade que os alunos disseram conceder à ciência antes e após vivenciarem a intervenção. Para isso, analisaram-se questões sobre o tema respondidas pelos alunos em um Questionário Inicial (QI) e Final (QF), aplicados, respectivamente, no início e ao término das atividades da proposta de ensino.

Em função disto, as questões de número 04 de cada questionário foram selecionadas para análise:

4) Cientistas realizam investigações quando tentam encontrar respostas para suas questões de pesquisa. Você confia nas explicações dadas pelos cientistas? Por que sim ou por que não? (QI)

4) A confiança que você tem nas explicações dadas pelos cientistas se modificou, de alguma maneira, ao estudar as polêmicas relacionadas ao caso Plutão? Por quê? (QF)

Ao todo, foram respondidos 32 questionários no início e ao término da proposta de ensino. Destes, 26 foram respondidos pelos mesmos alunos.

A princípio foi feito um panorama sobre a confiança que os alunos afirmaram ter na ciência antes e após a intervenção. Para isso, as respostas dadas pelos alunos para cada questionário foram classificadas a partir da análise das justificativas apresentadas.

As argumentações elaboradas pelos alunos que disseram confiar (c) na ciência no QI foram sistematizadas em três justificativas de naturezas distintas: (c₁)- porque as explicações científicas são baseadas em muitos estudos, (c₂)- porque as explicações científicas são comprovadas de alguma maneira e (c₃)- pela qualidade da argumentação apresentada ou por não saber contestá-la.

Para o QF, além das justificativas representadas pelas categorias (c₁) e (c₂) elaboradas no QI, os alunos também apresentaram os seguintes argumentos para justificar o porquê passaram a confiar mais na ciência após estudar o caso Plutão: (c₄)- as explicações científicas se atualizam com novos dados decorrentes do avanço tecnológico, (c₅)- as explicações científicas anteriores auxiliam na construção das novas e (c₆)- compreenderam que a mudança de classificação de Plutão está pautada em critérios de classificação.

No QI, houve alunos que disseram confiar na ciência dependendo da situação, porém não apresentaram justificativas ou outros detalhes. Estas respostas foram classificadas na categoria (d)- depende da situação.

Em relação aos estudantes que disseram não confiar (nc) na ciência, 04 justificativas distintas foram encontradas.

A partir da análise das respostas apresentadas no QI, encontraram-se argumentos relacionados à: (nc₁)- transitoriedade da ciência, (nc₂)- religiosidade e (nc₃)- não ver lógica na ciência.

Após a intervenção, para o QF, os alunos justificaram que passaram a confiar menos na ciência após estudar sobre o caso Plutão devido à transitoriedade da ciência (nc₁) ou à incerteza dos dados ou resultados obtidos nas pesquisas (nc₄).

Após obter um panorama das razões apresentadas pelos alunos, no início e ao término da intervenção, sobre a confiança que dizem ter ou não na ciência, os resultados obtidos foram comparados.

6.2.1. Autoridade atribuída à ciência no início da intervenção

Os resultados da classificação das respostas da questão 04 do QI são apresentados a seguir. Apresenta-se a distribuição encontrada para cada categoria e exemplos de respostas classificadas em cada uma delas:

(c₁)- as explicações científicas são baseadas em muitos estudos (13 alunos, 41%)

Sim, pois são muitos estudos antes de chegar a uma conclusão. (Aluna 10)

Sim, porque houve um trabalho de pesquisa por muitos anos, e quando o cientista dá a resposta, é mostrado de modo correto. (Aluno 31)

(c₂)- as explicações científicas são comprovadas de alguma maneira (6 alunos, 19%)

Acredito sim, na maioria, porque tudo que é descoberto é testado antes de passar para gente (Aluna 3)

Sim, porque a maioria das respostas que eles dão, eles comprovam que estão certos com experiência ou cálculos. (Aluna 5)

(c₃)- qualidade da argumentação apresentada ou por não saber contestá-la (2 alunos, 6%)

Algumas sim, pois não tenho informações suficientes para contestá-la (Aluna 8)

Confio. Eles são pagos para isso. Sem contar que as explicações científicas são bem claras e específicas. (Aluno 33)

Já os alunos que afirmaram não confiar na ciência apresentaram justificativas relacionadas à:

(nc₁)- transitoriedade da ciência (1 aluno, 3%)

Não, algumas coisas acredito, porém não em tudo, pois falam coisas, depois descobrem que não é aquilo e etc... (16)

(nc₂)- religiosidade (1 aluno, 3%)

Não, porque nenhum homem na face da Terra é capaz de desvendar as criações de Deus (28)

(nc₃)- não ver lógica na ciência (2 alunos, 6%).

Não, porque ainda não vi nexos nas pesquisas feitas. Não há uma conclusão que fizesse acreditar nas pesquisas feitas até hoje. (2)

Eu não confio muito na ciência, confio mais pela lógica ou outros meios (21)

Também houve alunos que disseram que confiavam na ciência dependendo da situação, porém não apresentaram justificativas ou outros detalhes.

(d)- depende da situação (7 alunos, 22%)

As vezes sim e as vezes não, pois nem tudo o que aparece é verdadeiro. (23)

6.2.2. Autoridade atribuída à ciência ao término da intervenção

As respostas elaboradas pelos estudantes que disseram confiar mais na ciência após estudarem o caso Plutão foram sistematizadas em cinco justificativas de natureza distintas:

(c₁)- as explicações científicas são baseadas em muitos estudos (8 alunos, 25%)

Bastante, pelos fatos das pesquisas dos cientistas sobre a massa, diâmetro e tudo mais. Confio mais. (Aluna 14)

Sim, porque nem sempre tudo é verdade e sempre, cada vez mais, as coisas se modificam no nosso dia-a-dia. Ao estudar Plutão, percebemos que cada vez se descobria mais. Com isso modificou o modo de pensar, pesquisar e ter mais certeza do que está falando, ou seja, ter argumentos. Confio mais. (Aluno 32)

(c₂)- as explicações científicas são comprovadas de alguma maneira (2 alunos, 6%)

Sim, confio mais, porque eles provaram que Plutão não tem características importantes que todos os outros planetas tem e é preciso para um planeta ter. (Aluno 22)

Sim, porque eles conseguiram nos provar tudo que eles fizeram dando os resultados das suas experiências, que hoje podemos confiar mais. (Aluno 27)

(c₃)- as explicações científicas se atualizam com novos dados decorrentes do avanço tecnológico (6 alunos, 19%)

Confio mais, pois o que aconteceu não foi um erro, mas um concerto. Não é que eles tinham errado nos cálculos de Plutão, é só que eles não possuíam a tecnologia o suficiente para serem exatos. (Aluna 14)

Confio mais, pois davam os dados obtidos através de teorias e visualizações de sua época, com o avanço da tecnologia, isso pode mudar sem problemas. (Aluno 26)

(c₄)- as explicações científicas anteriores auxiliam na construção das novas (4 alunos, 12%)

Sim, pois eu não compreendia a maneira com que os resultados eram obtidos. Percebi que há chances de erros, porém são estes erros que servem de base para buscar os aceitos. Com isso, a minha confiança aumentou, pois percebi um maior aprofundamento antes de se chegar às conclusões. (Aluna 10)

Sim, pois percebi o quão difícil é chegar a uma conclusão sobre Plutão com sua distância. Percebi que eles fazem o possível para chegar o mais próximo dos valores reais, mas mesmo com os valores obtidos que não eram os reais, consegui perceber o quão diferente Plutão é dos outros corpos celestes. (Aluna 8)

(c₅)- compreenderam que a mudança de classificação de Plutão está pautada em critérios de classificação (5 alunos, 16%)

Sim, porque eu nem sabia que existia planeta anão. Confiei mais porque agora sei o que pode ou não ser considerado planeta. (Aluno 24)

Sim, porque as pesquisas novas indicaram que Plutão não possui todas as características que um planeta tem. (Aluno 30)

Já as respostas elaboradas pelos estudantes que disseram confiar menos na ciência após vivenciarem as atividades da proposta de ensino foram sistematizadas em duas justificativas relacionadas à:

(nc₁)- transitoriedade da ciência (1 aluno, 3%)

Particularmente falando, sempre tive a noção de que os dados e os fatos podem mudar. Então, nunca confiei exatamente na ciência. Confio menos. (Aluna 7)

(nc₄)- incerteza dos dados ou resultados obtidos (6 alunos, 19%)

Sim, pois para termos medidas exatas precisaríamos estudar de perto o planeta, e mesmo assim, eu não confiaria 100% nas medidas. Confio menos. (Aluna 12)

Mudou um pouco, pois estudando melhor esta situação, nós sabemos que são diversos os critérios que se podem avaliar os corpos celestes, e fica

difícil confiar totalmente nos cientistas, pois não sabemos se eles utilizaram todos eles ou apenas alguns. Por isso, confio menos. (Aluno 36)

6.2.3. Autoridade atribuída à ciência: antes x depois

A tabela 08 a seguir apresenta uma síntese dos resultados encontrados, comparando a posição expressa pelos alunos em relação ao grau de confiança concedido à ciência no QI e QF, ou seja, antes e ao término da proposta de ensino:

Tabela 08: Autoridade atribuída à ciência

Autoridade atribuída à ciência Você confia nas explicações dadas pelos cientistas?			
	Justificativas	Antes (%)	Depois (%)
Confia ou Confia mais	Muitos estudos	41	25
	Comprovações	19	6
	Qualidade da argumentação ou não sabe contestá-la	6	-
	Mudanças são decorrentes do avanço tecnológico	-	19
	Explicações anteriores auxiliam na construção das novas	-	12
	Mudança da classificação de Plutão está pautada em critérios de classificação	-	16
Total	-	66	78
Depende	Não justificou	22	-
Não confia ou Confia menos	Não vê lógica na ciência	6	-
	Por questões religiosas	3	-
	Devido à transitoriedade	3	3
	Incerteza dos dados ou resultados obtidos	-	19
Total	-	12	22

Ao responderem se confiam nas explicações dadas pelos cientistas no QI, 21 alunos (66%) afirmaram que sim e apresentaram justificativas, 7 alunos (22%) disseram que confiavam dependendo da situação, porém sem dar mais detalhes e 4 alunos (12%) disseram que não e justificaram.

Já em relação ao QF, que questionou se os alunos mudaram o grau de confiança dada às explicações científicas após estudarem as polêmicas relacionadas ao caso Plutão, 25 alunos (78%) afirmaram que passaram a confiar mais na ciência e 7 alunos (22%) disseram que passaram a confiar menos.

A expectativa era que os alunos passassem a confiar menos na ciência ao perceber a possibilidade do erro nas resoluções científicas e de seu caráter transitório. Alguns alunos, porém, a minoria (7 alunos, 22%), expressou tal posicionamento. No entanto a maioria (25 alunos, 78%) afirma que passou a confiar mais nos resultados científicos. A percepção de que os cientistas estudam continuamente e alteram as explicações dadas, caso novas descobertas levem a novas conclusões (categoria c_1 e c_3), os levaram a confiar mais na ciência. Alguns colocaram (categoria c_3) que se houve uma mudança das explicações científicas, estas podem acontecer devido aos avanços tecnológicos, e se antes, não foi percebido determinado fato, não diminui a importância da teoria anterior, apenas não havia condições de se obter dados mais precisos (categoria c_3 e c_4).

Acredita-se que as novas argumentações apresentadas, quando comparadas com as respostas dadas no QI, mostram que os alunos estão mais conscientes sobre o processo de construção da ciência. Verifica-se que os estudantes, em sua maioria, da mesma forma que se posicionavam antes de vivenciarem a intervenção, continuam a confiar na ciência, considerando que esta se baseia em muitas pesquisas (41% dos alunos no QI e 25% no QF). No entanto, após vivenciarem a intervenção, apresentam tal posição consciente da possibilidade do erro em algumas resoluções científicas e do caráter transitório da ciência, características do conhecimento científico que foram citadas nas respostas do QF e que não aparecem nas justificativas dadas no QI.

As respostas do QF também indicam que os alunos aprenderam alguns dos motivos que levaram à mudança da classificação de Plutão, uma vez que aproximadamente metade dos alunos mencionaram em suas respostas as dificuldades de se obter as medidas de massa e diâmetro de Plutão (5 alunos, 16%) ou apresentaram argumentos relacionados aos critérios de classificação de um planeta (10 alunos, 31%).

6.3 Sobre o caso Plutão

Com o objetivo de acompanhar o aprendizado dos alunos sobre os temas em discussão, foram feitas perguntas sobre estes durante as aulas, ao longo das atividades da proposta de ensino. Ora tais questões foram apresentadas como problematizações iniciais, com o objetivo de introduzir e conhecer o que os alunos já

sabiam sobre o assunto, ora foram apresentadas ao término da atividade, de forma que os alunos poderiam utilizar o conhecimento aprendido na construção de soluções para as questões.

Analisaram-se as questões relacionadas à compreensão dos alunos sobre as razões para a variação das medidas das dimensões de Plutão, sobre a confiança que eles disseram ter nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris e a opinião dos alunos sobre a classificação de Plutão. Além disso, ao término da proposta de ensino, os alunos elaboraram uma redação contando o que aprenderam ao longo da intervenção.

As análises e resultados encontrados são apresentados a seguir, organizadas em subdivisões de acordo com o tema da questão proposta e na ordem cronológica em que foram aplicadas ao longo da proposta de ensino.

6.3.1. Dimensões de Plutão

Durante a intervenção, os alunos responderam questões relacionadas às razões para a mudança, ao longo do tempo, das medidas das dimensões de Plutão. As respostas por eles apresentadas para questões sobre o tema no início da Atividade II (*Descobertas dos planetas*) e ao término da segunda intervenção (*Distância dos planetas*) da Atividade III (*Medidas Astronômicas*) foram analisadas.

Após identificar os diferentes tipos de respostas apresentadas pelos alunos nestes dois momentos, os resultados obtidos foram comparados.

6.3.1.1. Atividade II

Para iniciar a Atividade II da proposta de ensino, como *problematização inicial*, foi proposto que os alunos tentassem responder por escrito por que as medidas do diâmetro e massa de Plutão mudaram ao longo do tempo e por que este caso é polêmico.

Mas, afinal, por que estas duas características sobre Plutão (diâmetro e massa) foram/são tão controversas?

Por que estes valores mudaram tanto ao longo do tempo?

Dê seu palpite!

Até aquele momento, os alunos tinham estudado na Atividade I, através da leitura e discussão de dois textos não didáticos sobre o tema (ANEXO IV), que existe uma polêmica relacionada à classificação de Plutão (planeta, asteroide ou cometa).

Ao todo, 29 alunos estavam presentes e responderam as questões propostas. Pode-se dizer que houve três tipos de respostas diferentes:

- o caso Plutão é polêmico porque se percebeu, a partir dos avanços tecnológicos, que Plutão não teria características semelhantes aos demais planetas (11 alunos).

Porque essas medidas não se encaixam nos critérios de classificação, principalmente por Plutão ser pequeno para um planeta e grande para um planeta-anão. Estes valores mudaram, pois as tecnologias também mudaram com o decorrer dos anos, melhorando, assim chegando em um valor certo. (Aluna 12)

- as medidas de Plutão variaram ao longo do tempo devido a avanços tecnológicos (12 alunos).

As características sobre Plutão foram e são tão controversas, pois ao longo do tempo, com o avanço da tecnologia, os pesquisadores constataram que a massa do planeta estava menor ou será que ela sempre foi menor e por uma precipitação acabou passando sem ser notado. (Aluna 15)

- as medidas de Plutão variaram ao longo do tempo devido a novos estudos que trouxeram novas informações sobre Plutão (6 alunos).

Porque ao passar do tempo, eles conseguiram mais informações sobre Plutão e a cada tempo que se passa, vão descobrir mais coisas. (Aluna 03)

6.3.1.2. Segunda Intervenção da Atividade III

Ao término da segunda intervenção da Atividade III, acredita-se que os alunos já haviam construído uma boa noção sobre a dimensão do universo e das distâncias dos planetas, uma vez que tinham vivenciado as atividades *Sistema Solar em escala* e a *Distância dos planetas*. Naquele momento, para que os alunos pensassem na relação entre as distâncias dos planetas e a dificuldade de se fazer estas medições, eles foram convidados a refletir, mais uma vez, sobre as razões das medidas das dimensões de Plutão terem mudado ao longo do tempo.

Ao todo, 32 alunos responderam a questão proposta, tendo sido identificadas seis diferentes razões para explicar as variações das medidas das dimensões de Plutão:

- avanço tecnológico (15 menções),

(...) com o avanço da tecnologia é mais fácil achar o tamanho preciso.

(Aluna 05)

- distância que Plutão se encontra (11 menções),

Por causa da distância em que ele se encontra (...). (Aluna 07)

- novos métodos de medidas (6 menções),

(...) os cientistas, ao longo dos anos, descobrem outras maneiras de medir, por isso, as medidas variam tanto. (Aluna 18)

- medidas tornaram-se mais precisas (12 menções),

(...) com o passar do tempo foi chegando a uma medida mais exata.

(Aluna 06)

- novos conhecimentos dos cientistas/novas teorias (7 menções),

(...) Outro fator determinante é também o conhecimento do pesquisador.

(Aluna 10)

- ou responderam que as medidas das dimensões de Plutão variaram ao longo do tempo porque os planetas mudam de posição (7 menções).

Porque os planetas se deslocam. Ao passar dos anos, Plutão foi ficando mais longe, modificando suas medidas. (Aluna 02)

6.3.1.2. Atividade II x Atividade III

Diferentemente do resultado obtido ao final da Atividade II, na qual os alunos, em sua maioria, enumeraram em suas respostas uma única justificativa para a variação das medidas das dimensões de Plutão ao longo do tempo, relacionando-a aos avanços tecnológicos (23 alunos), ou a novos estudos que trouxeram novas informações sobre Plutão (6 alunos), os estudantes, ao término da segunda intervenção da Atividade III, incluíram mais de um motivo para a ocorrência deste acontecimento em suas respostas.

A análise das respostas apresentadas pelos alunos neste segundo momento permite verificar que a maioria deles compreendeu algumas das razões para as variações das medidas das dimensões de Plutão, tais como a dificuldade de se fazer estas medições dada a distância que este astro se encontra da Terra ou devido a

medidas mais precisas destas dimensões, decorrentes de novos métodos de medida e/ou de avanços tecnológicos.

6.3.2. Dimensões de Éris

Ao término da quarta intervenção da Atividade III, após os alunos estudarem sobre como foram/são obtidas as distâncias e as medidas do diâmetro e da massa dos planetas de modo geral, e, em particular de Plutão, foi solicitado que os alunos refletissem sobre a precisão das medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris. A intenção era a de levar os alunos a empregarem os novos conhecimentos em outra situação similar.

Ao todo, 31 alunos responderam a questão: *Será que podemos confiar nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris? Justifique.* Dentre estes, 24 estudantes disseram que *não* confiam nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris e 7 afirmaram confiar.

Os estudantes que afirmaram *não* confiar em tais medidas, em geral, apresentaram mais de um argumento para justificar seu posicionamento. Cinco argumentos diferentes foram identificados:

- imprecisão das medidas (9 menções),

Não, porque se tratando de astronomia, tudo é incerto, então são cálculos sobre o diâmetro que são próximos, porém não são exatos. (Aluno 30)

- possibilidade de mudança das medidas com o avanço tecnológico (9 menções),

Não podemos confiar nas medidas atribuídas para Éris pois, da mesma forma que Plutão foi desconsiderado planeta, as novas e futuras tecnologias podem dar novas medidas com mais precisão. (Aluna 06)

- dificuldade de se fazer as medições dada a distância a que se encontra o planeta (6 menções),

Eu acho que não podemos confiar nas medidas de diâmetro e massa encontradas pois é muito longe para termos total certeza de todas essas medidas. (Aluna 09)

- divergência entre valores informados pelos cientistas (5 menções),

Não, cada astrônomo calculou de uma maneira e chega a um resultado diferente, o que podemos conseguir é uma medida aproximada. (Aluno 35)

- possibilidade de mudança dos valores obtidos devido a novos métodos de medida (3 menções).

Não, porque não são medidas exatas, e esses valores mudam com o tempo, por causa da distância e como esses valores são medidos. (Aluno 24)

Os alunos que afirmaram confiar nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris apresentaram duas justificativas distintas:

- confiam porque as medidas informadas foram obtidas a partir de uma teoria (3 alunos),

Sim, pois há uma teoria para que seja a medida real ou aproximada, não é algo falado por falar. (Aluna 01)

- confiam porque já havia mais pesquisas quando as medidas de Éris foram feitas (4 alunos).

Sim, podemos confiar porque foram muitos anos de estudos para chegar a tal dados, ou seja, podemos confiar por ser a melhor informação dada sobre o assunto. (Aluno 32)

A análise das respostas apresentadas sobre a confiança que os alunos apresentam para as medições das dimensões de Éris ratifica os resultados obtidos com a análise das questões sobre as razões para as variações, ao longo do tempo, das medidas de Plutão. Isto porque o resultado obtido para o caso de Éris também parece indicar que os alunos compreenderam que obter-se estimativas para as dimensões dos corpos celestes não foi/é um empreendimento simples, dada a magnitude das distâncias envolvidas. Além do que, tais medidas apresentam certa imprecisão, mas que se tornaram/tornam cada vez mais precisas, devido às novas pesquisas, métodos de medida ou ao avanço tecnológico.

6.3.3. Classificação de Plutão

Ao término da Atividade IV, momento em que os alunos conheceram algumas características dos corpos celestes e realizaram uma classificação “às escuras”, diferenciando alguns corpos celestes (asteroides, cometa, planeta e planeta-anão), foi feita a seguinte questão aos alunos: *Diante de tudo que vimos até o momento nas aulas, como você se posiciona sobre o caso Plutão? Em sua justificativa, procure elencar os argumentos que o fazem pensar em que categoria Plutão deveria ser classificado.* Desta forma, procurou-se mapear o que os alunos compreenderam

sobre as classificações de modo geral e, em particular, sobre a classificação de Plutão.

Ao todo, 28 alunos responderam tal pergunta, sendo que 17 alunos responderam que classificariam Plutão como planeta-anão, 6 estudantes como asteroide, 4 alunos como planeta e 1 estudante permaneceu em dúvida.

Os alunos que disseram que classificariam Plutão como planeta-anão apresentaram duas justificativas distintas:

- tem as características de planeta-anão (5 alunos),

Ele se encaixa como planeta-anão porque apresenta as características necessárias para que o classifiquem com tal. (Aluna 13)

- seu diâmetro e massa são pequenos em relação aos demais planetas (12 alunos).

Minha posição é que Plutão deve ter essa nova classificação de planeta-anão, pois não se encaixa nas categorias de diâmetro, massa e etc, por isso, não deve se manter a nomenclatura de planeta. (Aluna 06)

Os 6 alunos que classificaram Plutão como asteroide também mencionaram os valores da massa e/ou diâmetro deste corpo celeste como critério para enquadrá-lo nesta categoria.

Bom, em minha opinião Plutão deve ser considerado um asteroide pois, sua massa é muito baixa diante dos outros planetas. E também, por existir outros corpos parecidos com ele que são asteroides. (Aluno 27)

Dos alunos que manteriam a classificação de planeta para Plutão, 3 afirmaram que o fariam porque ele tem características de planeta e 1 dos estudantes (Aluno 23) disse que dever-se-ia manter tal nomenclatura até que se tivesse certeza sobre as características deste astro.

Em minha opinião, Plutão deveria ser considerado planeta, pois tem medidas de planeta e uma lua; assim como os planetas. Apesar de sua massa ser menor do que se imaginava, ela ainda é maior do que a massa dos planetas-anões. Também porque a massa dos planetas não são idênticas umas as outras. (Aluna 17)

Plutão é um assunto um tanto delicado, pois não há ninguém que tenha certeza absoluta do que Plutão é na realidade. Não há certeza, e sim hipóteses, baseados em estudos pouco sucedidos, referente sua distância, e que apesar da evolução tecnológica, ainda não é possível identificá-lo e classificá-lo corretamente. Plutão deveria ser classificado como planeta até que o passar do tempo, surjam novas tecnologias capazes de observá-lo completamente e conseqüentemente classificá-lo corretamente. (Aluno 23)

O aluno que afirmou continuar em dúvida sobre como classificar Plutão apresentou a seguinte resposta:

Bom, continuo com a mesma posição, ou seja, em dúvida, pois Plutão tem muitas características que o classifica como planeta e como planeta-anão. (Aluna 12)

Pela leitura das respostas apresentadas, vemos que a atividade de classificação foi importante porque os alunos puderam comparar algumas características (massa, diâmetro, inclinação da órbita em relação à eclíptica e composição química) de Plutão com as de outros corpos celestes (planeta, asteroide, cometa e planeta-anão), o que permitiu que se posicionassem de maneira mais consistente sobre a re(classificação) deste corpo celeste.

6.4. Avaliação dos alunos

Ao término da intervenção, foi solicitada uma redação na qual os alunos contaram o que aprenderam ao longo do curso. O esforço para escrever a redação poderia ajudar a retomar os temas discutidos e a sintetizar o conhecimento estudado.

Apresentou-se aos alunos o seguinte enunciado: *Escreva um texto contando, em detalhes, o que você aprendeu nas aulas do 4º bimestre.*

Ao todo, 31 alunos escreveram a redação. Apresentam-se a seguir os principais temas mencionados, acompanhados de trechos de algumas redações que exemplificam os textos escritos pelos alunos.

- Plutão deixou de ser considerado planeta (20 menções)

Eu aprendi neste 4º bimestre sobre astronomia que Plutão deixou de ser um planeta (Aluna 09)

- Classificação dos corpos celestes através de suas características (16 menções)

Também vimos como se classifica um corpo celeste, que é através de suas características, onde elas são medidas; observadas, para que assim ganhe sua classificação e fique de acordo com o padrão estabelecido. (Aluna 10)

- Distância entre os planetas (13 menções)

Também construímos o Sistema Solar em sala de aula para aprendermos as distâncias, tamanhos e modo de funcionamento do sistema. (Aluno 32)

- Estudo das características dos planetas: diâmetro (12 menções) e massa (8 menções)

No quarto bimestre, na aula de astronomia, falamos principalmente sobre o caso Plutão, onde estudamos a massa e o diâmetro dos planetas para saber se concordamos ou não com a mudança de Plutão (Aluna 04)

- Dificuldades de se obter medidas precisas (7 menções)

Como a distância é muito grande, os astrônomos recorrem a diversas formas de chegarem a uma opinião ou tentarem chegar a uma. Com a tecnologia, a astronomia viu uma grande aliada, apesar de também não trazer nenhum resultado conclusivo, consegue-se um resultado próximo. (Aluna 08)

- Alguns planetas podem ser vistos a olho nu ou significado de estrelas errantes (6 menções)

Apreendi sobre a locomoção dos planetas, e que é possível encontrar alguns planetas com a observação. Por exemplo, enquanto as estrelas se locomovem muito lentamente, quase nada, os planetas já se locomovem mais. (Aluna 07)

- Um planeta pode ser descoberto através de teorias (3 menções)

Pude aprender também que nem todos os planetas foram descobertos a olho nu, mas também através de teorias. (Aluno 26)

Encontraram-se nas redações citações sobre todos os temas abordados durante a intervenção. Houve comentários relacionados à história da descoberta dos planetas e sobre os métodos de medidas astronômicas, além de menções sobre as características dos corpos celestes, a classificação dos planetas e a reclassificação de Plutão. Percebe-se, como o esperado, que o tema mais citado foi o problema central proposto pela intervenção, a reclassificação de Plutão (20 menções).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

*O bom da chuva é que parece que não tem fim.
Mario Quintana*

Esta investigação nasceu de uma necessidade percebida em sala de aula em meus primeiros anos de docência: ensinar não apenas Física no Ensino Básico, mas também sobre Física, ou seja, sobre a natureza deste conhecimento. Esta preocupação surgiu de forma mais latente ao ouvir os alunos questionarem a validade da ciência, ao saberem que Plutão deixou de ser considerado planeta. A partir do pressuposto de que este desconforto dos estudantes dava-se pela pouca compreensão sobre a natureza da ciência, surgiu o objetivo desta pesquisa: construir uma proposta de ensino e investigar sua potencialidade em promover reflexões sobre algumas características da atividade científica, possibilitando uma maior compreensão dos alunos sobre o fazer científico.

Um olhar para as pesquisas sobre o tema natureza da ciência na área de ensino de Física, em âmbito nacional, permitiu-nos perceber que a preocupação com o assunto cresceu nos últimos dez anos. Há trabalhos que seguem uma linha mais teórica, ao apresentarem considerações sobre o processo de produção do conhecimento científico e outros que se revelam como investigações aplicadas. Dentre as últimas, encontramos trabalhos envolvendo o mapeamento da concepção de ciências de professores, estudantes e livros didáticos, ou pesquisas que apresentam sugestões de propostas de ensino a serem aplicadas, ou mesmo já realizadas e analisadas, que procuram estabelecer discussões sobre ciência na formação científica de alunos do Ensino Básico ou na formação de professores. As investigações que elaboram propostas de ensino, em sua maioria, adotam uma abordagem histórico-filosófica da ciência. Os pesquisadores que aplicaram e analisaram as propostas de ensino afirmam ter conseguido tornar a visão de ciência dos envolvidos nas atividades mais abrangente ao promover reflexões sobre alguns aspectos da natureza da ciência em sala de aula.

Neste caminho, desenvolveu-se nossa proposta de ensino, adotando uma abordagem histórico-filosófica. A reclassificação de Plutão, assunto que levou nossos alunos a questionarem a validade da ciência, tornou-se o tema mediador das discussões da intervenção.

Um levantamento histórico dos episódios que envolveram as várias definições para planeta, desde as primeiras observações do céu realizadas por nossos ancestrais, até chegar às resoluções que definiram quais seriam os atributos de um planeta na 26ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional, permitiu-nos identificar características da natureza da ciência possíveis de serem problematizadas a partir de discussões sobre o assunto. Dentre estas, a natureza cooperativa da atividade científica, percebida, por exemplo, nos trabalhos dos cientistas relacionados às previsões das posições dos planetas ainda não conhecidos a olho nu. Ou então, a influência de fatores culturais e sociais na construção da ciência, por exemplo, na primeira tentativa de mudar o status de Plutão em 1999, que não teve sucesso, considerando-se a possibilidade de evitar confusão entre estudantes e professores de todo o mundo. Tem-se ainda, a transitoriedade da ciência, nas várias mudanças das categorias de alguns dos corpos celestes ao longo da História, tais como os casos de Ceres e Plutão; e o fato de não existir consenso entre os membros da comunidade científica sobre algumas de suas resoluções e que este saber está em processo de construção, a partir do estudo das mobilizações e divergências deflagradas para se resolver e formalizar quais são os atributos de um planeta.

Desta forma, construímos a proposta de ensino com o intuito de promover a percepção pelos alunos das características da ciência identificadas no estudo mencionado, possibilitando uma maior compreensão sobre o fazer científico.

Ao longo da intervenção, discutimos alguns episódios da história da descoberta e classificação dos planetas do Sistema Solar, sobre métodos de determinação de distância, diâmetro e massa dos planetas, além de problematizarmos sobre a definição de planeta e a reclassificação de Plutão.

Os Três Momentos Pedagógicos, referencial adotado para elaborar a intervenção, denominados *Problematização Inicial* (PI), *Organização do Conhecimento* (OC) e *Aplicação do Conhecimento* (AC), nos auxiliou a promover momentos de diálogos durante as atividades.

Foi possível perceber que em todas as discussões correspondentes ao momento da PI houve participação dos alunos, conforme já previsto teoricamente.

Verificamos que a PI foi muito importante como meio para se identificar algumas das dificuldades dos alunos em relação ao tema em pauta e/ou aguçar a curiosidade dos alunos para os temas que seriam discutidos posteriormente. Percebeu-se, por exemplo, que os alunos tinham pouca noção das dimensões do universo. Desta forma, incluímos a atividade *Sistema Solar* em escala para uma maior compreensão de tais dimensões. Também percebemos dificuldades dos alunos em diferenciar os corpos celestes, o que mostrou a importância de se realizar a atividade *Classificação dos corpos celestes*, que promoveria uma discussão sobre as características dos planetas, asteroides, cometas e planetas-anões.

Além dos diálogos das PI, outras três discussões referentes à AC destacaram-se como momentos de maior interação entre a professora e os estudantes. Estes tiveram como motivação inicial a apresentação de resultados de trabalhos escritos, construídos no momento da OC.

Embora não tenha sido o foco desta pesquisa, também foi possível mapear o aprendizado dos alunos sobre alguns dos temas discutidos na proposta de ensino. Este estudo foi feito a partir da análise de questões propostas ao longo da intervenção, sendo estas relacionadas aos temas das aulas. Procuramos entender se os alunos compreenderam as razões para a variação das medidas do diâmetro e massa de Plutão, sobre o grau de confiança que eles disseram ter nas medidas das dimensões de Éris e conhecer a opinião dos alunos sobre a classificação de Plutão.

Verificamos que os alunos compreenderam que obter estimativas para as dimensões dos corpos celestes não foi/é um empreendimento simples, dada a magnitude das distâncias envolvidas. Além disso, tais medidas apresentam certa imprecisão, mas que se tornaram/tornam cada vez mais precisas, devido a novas pesquisas, métodos de medida ou ao avanço tecnológico.

Os alunos também souberam apresentar argumentos científicos sobre seus posicionamentos em relação à reclassificação de Plutão ao término da intervenção, comparando as características de Plutão com outros corpos celestes.

Além disso, através da análise de redações feitas ao término da proposta de ensino, na qual os alunos contaram o que aprenderam ao longo do curso, verificamos que o assunto mais citado foi o problema central proposto na intervenção, a reclassificação de Plutão. Ao mesmo tempo, percebemos que não se

pode eleger uma atividade mais significativa para os alunos, pois todos os temas abordados nas aulas foram citados pelos estudantes, diferenciando-se pelo número de menções que apareceram nas redações.

Em relação à potencialidade da proposta de ensino em promover um (re)olhar dos alunos para suas concepções sobre ciência, podemos dizer que, após participarem da intervenção, os alunos parecem mostrar-se mais conscientes sobre o processo de construção da ciência.

Ao comentarem sobre a confiança que eles atribuem às explicações científicas, os alunos apresentaram suas opiniões demonstrando estarem conscientes em relação à possibilidade do erro em algumas resoluções científicas e sobre o caráter transitório da ciência, características do conhecimento científico que foram citadas em uma questão sobre o tema proposta no questionário final, mas que não apareceram nas justificativas dadas para uma pergunta similar proposta no início da intervenção.

Em relação à percepção sobre a transitoriedade da ciência, um número maior de alunos afirmou, após vivenciarem a intervenção, que as explicações científicas podem mudar, e relacionaram este dinamismo da ciência ao avanço tecnológico ou a novos estudos e descobertas decorrentes da própria continuidade da pesquisa. Antes de participarem da proposta de ensino, as justificativas para a transitoriedade da ciência dividiam-se em novos estudos e descobertas ou incertezas inerentes às teorias anteriores.

Supomos que a diferença nos argumentos apresentados pelos alunos deve-se tanto à percepção do papel da tecnologia para as descobertas dos planetas e formas de se conhecer suas características, quanto à forma como abordarmos as transições das teorias científicas durante a intervenção. Procuramos ressaltar a importância de cada cientista e do conhecimento produzido em cada época para a construção do conhecimento atual. Este tipo de abordagem pode ter levado os alunos a ver as mudanças do conhecimento científico mais como consequência do próprio processo de construção desse saber, do que a justificativas associadas a existência de erros nas teorias anteriores.

Contudo, não é possível afirmar sobre o reconhecimento da transitoriedade da ciência em outros episódios da história da ciência. Ao solicitarmos que

enumerassem exemplos da história da ciência que ilustrassem a transitoriedade deste saber, poucos o fizeram, e os que apresentaram, citaram a reclassificação de Plutão.

Além disso, não é possível saber se os alunos conseguem aplicar o conhecimento estudado em situações análogas. Tentamos realizar tal investigação, mas não obtivemos sucesso. Ao apresentarmos a questão “*Em 2010 alguns sites de notícias informaram que foi descoberto um exoplaneta rochoso (um planeta fora do sistema solar). Foi divulgado que os cientistas mediram a massa desse astro e confirmaram que “Corot-9b é de fato um exoplaneta”. Como você se posiciona diante de tal notícia? Por quê?*” no Questionário Final, os alunos, de modo geral, comentaram que acharam interessante uma investigação científica em busca de exoplanetas, mas não se posicionaram sobre a conclusão dos cientistas em classificar o astro encontrado como um exoplaneta a partir das medições da massa deste corpo celeste. Talvez uma questão mais específica sobre esta peculiaridade da notícia fosse um melhor instrumento de análise do que uma pergunta mais geral, do modo como fizemos.

Apesar de estas questões ficarem em aberto, podemos afirmar que foi possível aplicar com êxito uma proposta de ensino com uma abordagem histórico-filosófica da ciência.

Particularmente, senti-me muito gratificada, não só em perceber que os alunos, de modo geral, passaram a ter uma melhor noção sobre o processo de construção da ciência, mas também, por terem vivenciado, por várias vezes, um clima de debate. Inicialmente, pareceu-me um desafio realizá-lo, pois os alunos costumavam querer falar todos ao mesmo tempo. Porém, ao final da intervenção, no debate final da Atividade IV: *Classificação dos corpos celestes* e da Atividade V: *Definição de planeta*, os alunos, em sua maioria, procuraram ouvir uns aos outros, respeitando suas vezes de falar, aprendizado que consideramos muito importante. Acreditamos que a própria estrutura da proposta de ensino, fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos - organizadores do trabalho que nos auxiliaram no uso sistemático do diálogo, possa ter contribuído para este aprendizado.

Finalmente, gostaríamos de apresentar uma visão a respeito do alcance que acreditamos que nossa pesquisa possa ter.

Considerando que este trabalho mostra que é possível promover um maior entendimento dos alunos do ensino básico sobre o processo de investigação científica, a partir da aplicação de uma proposta de ensino que adota uma abordagem histórico-filosófica da ciência, temos a expectativa de que esta dissertação possa contribuir com subsídios para que outros professores também realizem discussões desta natureza com seus alunos, mediados por temas de Astronomia.

Além disso, esperamos que nossa dissertação possa ajudar os profissionais da área de pesquisa em ensino de ciências a desenvolverem outras propostas de ensino que promovam discussões sobre características do fazer científico no Ensino Básico, de modo que os professores tenham uma diversidade de materiais desta natureza a sua disposição.

Enfim, nossa expectativa é que o resultado deste trabalho possa contribuir e unir-se aos estudos de outros pesquisadores em busca da construção de uma ponte que articule a pesquisa em ensino de Física e a sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R.; CARVALHO, W. Interpretações de posicionamentos filosófico-epistemológicos em livros didáticos de Física para o Ensino Médio – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.
- ACEVEDO, J.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M.; ACEVEDO, P.; OLIVA, J.; MANASSERO, M. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p. 1-15, 2005.
- AFONSO, G. Mitos e Estações no céu Tupi-Guarani. **Scientific American Brasil**, edição 45, fev. 2006. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacees_no_ceu_tupi-guarani.html Acesso em: 15 set, 2010.
- ALBUQUERQUE, V. **Análise dos possíveis significados da Monitoria Discente na vida escolar**. Monografia – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, São Paulo, 2006.
- ALBUQUERQUE, V.; LEITE, C. Dialogar sobre ciência no Ensino Médio: A importância do (re)olhar constante a esse desafio – Em: ATAS DO XII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIIIEPEF. Águas de Lindóia, 2010.
- ALVETTI, M.; CUTOLO, L. Uma visão epistemológica da circulação de ideias presente na comunicação científica - Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVI SNEF. Rio de Janeiro, 2005.
- ALVES, M.; HENRIQUE, A. Pensamento Epistemológico no Ensino de Física: Uma Investigação Preliminar no Ensino Médio – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.
- ANGOTTI, J. Cem anos sem Revolução Científica – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.
- BALTHAZAR, W.; OLIVEIRA, A. O LHC (Large Hadron Collider) e o uso da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e História da Filosofia da Ciência, como proposta para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio - Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.
- BATISTA, I. A universalização de teorias e o ensino de Física no século XX – Em: ATAS DO VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIIIEPEF. Florianópolis, 2000.
- BATISTA, I. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico filosófica – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – IXEPEF. Jaboticatubas, 2004.
- BOCANEGRA, C.; SILVA, L.; ANDRADE, A. A natureza da Ciência e o processo educativo: Relato de uma experiência de ensino realizada em uma escola pública de

ensino médio – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. São Luiz, 2007.

BOGDAN ,R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto Editora, 1994

BAGDONAS,A.; ANDRADE, V.; SILVA,C. Discutindo a natureza da Ciência a partir de episódios da História da Cosmologia: O Grande Debate - Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

BRANDÃO, R.; ARAUJO, I.; VEIT, E. Um estudo exploratório sobre a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de Física do Ensino Médio – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

BRANDÃO, R.; ARAUJO, I.;VEIT, E. Curso sobre fenômenos físicos e modelos científicos: um relato de experiência com professores de Física em um ambiente virtual de aprendizagem – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉRZ, D., CARVALHO, A.M.P. ; PRAIA, J.; AMPARO, V. **A necessária renovação no ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, A.; VIANNA, D. Formação permanente: a necessidade da interação entre Ciência dos cientistas e a Ciência da sala de aula – Em: ATAS DO VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIIIEPEF. Florianópolis, 2000.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1994

COPÉRNICO, N. **Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes/** Introdução, tradução e notas de Roberto de Andrade Martins – São Paulo: Livraria da Física Editora, 1990

CUNHA, A.; CARVALHO, L. Visão não-hegemonica da Mecânica: análise de uma experiência no Ensino Médio – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

CUNHA, A.; RODRIGUES, D.; SILVA,D. Alfabetização científica e tecnológica: abrangência de significados – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

CRUZ, R.; GUERRA, A. Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Fundamental – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

DANIEL, G.; PEDUZZI ,L. Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

_____; ANGOTTI, J. *Física*. São Paulo: Cortez, 1992.

_____. Problemas e Problematisações. In: PIETRECOLA, M. (org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

_____; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DEMO, P. Elementos metodológico da pesquisa participante. In: BRANDÃO, C. (org.). **Repensando a pesquisa participante**. São Paulo: Editora brasiliense, 1987.

DIAS, M.; LINDINO, T.; COIMBRA, D. Um estudo exploratório sobre as crenças epistemológicas de ingressantes do ensino superior – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.

FARES, E.; MARTINS, K.; ARAUJO, L.; SAUMA FILHO, M. O universo das sociedades numa perspectiva relativa: exercícios de etnomastronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 1, p. 77-85, 2004.

FARIA, L.; MORAES, I.; BARRIO, J. A visão de Ciência em livros didáticos utilizados por professores de Física do Ensino Médio – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

FERNANDES, S.; FILGUEIRA, V. Por que ensinar e por que estudar Física? O que pensam os futuros professores e estudantes do Ensino Médio? – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

FERREIRA, J. O que fazer diante de resultado inesperado no laboratório? A contribuição de um episódio interessante da História da Ciência para o Ensino de Física – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Curitiba, 2008.

FIREMAN, E.; FIREMAN, E. Ensinar Física? Discussões sobre suas motivações – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

FORATO, T.; MARTINS, R.; PIETROCOLA, M. Teorias da luz e natureza da Ciência: elaboração e análise de curso aplicado no Ensino Médio – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

FORATO, T.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. História da Ciência e da Religião: uma proposta para discutir a natureza da Ciência – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. São Luiz, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

_____. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAMA, L.; ZANETIC, J. Abordagens epistemológicas no Ensino de Física: A Cosmologia como tema motivador – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.

GARCIA, M. Descripción de las concepciones epistemológicas de los docentes universitarios - Atas do VIII Encontro de pesquisa em Ensino de Física – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – IXEPEF. Jaboticatubas, 2004.

GATTI, S.; SILVA, D.; NARDI, R. Um estudo sobre a evolução de concepções de futuros docentes de Física em um curso de formação inicial – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007

GATTI, S.; NARDI, R. Práticas pedagógicas de docentes de Física em exercício: concepções iniciais sobre o papel da história da Ciência no Ensino e sobre alguns aspectos dos processos de ensino e aprendizagem – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

GIL-PEREZ, D.; MONTORO, I.; ALÍZ, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. Ciência&Educação, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GUÇÃO, M.; BOSS, S.; SOUZA FILHO, M.; CALUZI, J. Uma análise do conteúdo histórico nos livros didáticos do Ensino Médio: Eletrostática – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, C. Diálogos interdisciplinares no ensino de física: relações entre física e pintura – Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003a.

GUERRA, A.; REIS, J.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio – Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003b.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. Um curso de Cosmologia na primeira série do Ensino Médio com enfoque Histórico-Filosófico – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.

GURGEL, I.; PIETROCOLA, M. A visão de Einstein da construção do conhecimento científico - Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

HAGUETTE, T. **Metodologias qualitativas na sociologia**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1987.

HIGA, I; HOSOUME, Y. Visões sobre a ciência num curso de licenciatura em física: um estudo exploratório – Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003.

HIGA, I; HOSOUME, Y. Elementos para uma formação epistemológica de professores de Física – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

KARAM, G. A suposta mudança epistemológica de Albert Einstein – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.

KNELLER, G. **A ciência como atividade humana**. Trad. Antônio José de Souza. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Ed. USP, 1980.

KÖHNLEIN, J.; PEDUZZI, L. Sobre a concepção empirista-indutivista no Ensino de Ciências – Em: ATAS DO VIII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIII EPEF. Águas de Lindóia, 2002.

LEADERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; SCHAWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of research in science teaching**, vol 39, NO. 6, PP. 497-521, 2002.

LEITE, C. **Formação do professor de ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade**. 2006. 274 f. Tese – Faculdade de Educação da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

LOPES, F. ; JAFELICE, L. Educação científica no contexto pós-ontológico: um novo ensino de ciências para uma nova imagem da Ciência – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.

LOSS, L.; MACHADO, M. Pressupostos teóricos e metodológicos da disciplina de Física: experiências didáticas – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVI SNEF. Rio de Janeiro, 2005.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação**: abordagem qualitativa. São Paulo: EPU, 1986.

LUZ, A.; LEAL, L. As concepções sobre Física dos alunos do Ensino Médio - Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.

MACHADO, N. **Educação**: projetos e valores. São Paulo: Escrituras Editora, 2000.

MACHADO, J.; VIEIRA, K. Modelização no Ensino de Física: Contribuições em uma perspectiva bungeana – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XI EPEF. Curitiba, 2008.

MAMEDE, M.; ZIBERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de Física – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVI SNEF. Rio de Janeiro, 2005.

MARTINS, R. Introdução Geral ao Commentariolus de Nicolau Copérnico. In: COPÉRNICO, N. **Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes**/ Introdução, tradução e notas de Roberto de Andrade Martins – São Paulo: Livraria da Física Editora, 1990.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n. 3: p. 164-214, dez, 1995.

MEGID NETO, J.; LOPES, B. Livros didáticos de Física e as inovações da pesquisa em Educação em Ciências – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

MELLO, S. **A nova definição de planeta**. IAG-USP, 2010. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~dinamica/iau-planeta.html>>. Acesso em: 2 set, 2010.

MENDES, R.; MENDES, G.; MACEDO FILHO, R.; PASCHOAL, C. Dificuldades dos alunos do Ensino Médio com Física e os físicos – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.

MENEZES, L. Projeto Pedagógico: Rever o quê, mudar por quê. **Revista de educação e informática**. São Paulo: FDE, v. 10, n. 14, p. 29-34, dez. 2000.

MENEZES, A.; MORAES, A. Física e Literatura: intersecções possíveis em sala de aula – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.

MONTEIRO, M.; NARDI, R. A utilização da História da Ciência no Ensino de Física: investigando o contexto da construção do eletroscópio de chamas – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. São Luiz, 2007.

MONTEIRO, M.; NARDI, R. As abordagens dos livros didáticos acerca da Física Moderna e Contemporânea: algumas marcas da natureza da Ciência – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008

MONTES, M.; COSTA, A (Org.). Nova definição de planeta sob fogo cerrado. **Astronomia On-line**, edição 259, ago, 2006. Disponível em: <http://www.cvalg.pt/astronomia/newsletter/n_259/n_259.htm> Acesso em: 16 set, 2010

MOURA, B.; SILVA, C. Os "Anéis de Newton": uma abordagem histórica - Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

MOURA, B.; SILVA, C. Os "Anéis de Newton" e a teoria corpuscular da luz - ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.

MOURA, B.; SILVA, C. Natureza da Ciência e o Ensino de Física: construindo relações a partir de um estudo da ótica newtoniana - Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Curitiba, 2008.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos: um olhar histórico-epistemológico – Em: ATAS DO XII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XII EPEF. Águas de Lindóia, 2010.

NEVES, M.C.D.; SCHAEFFER, E.H.; PEDROCHI, F.; OENNING, S. A natureza das pressuposições entre professores e alunos de Ciência : um estudo multicultural – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – IXEPEF. Jaboticatubas, 2004.

NORY, R.; ZANETIC, J. O Teatro e a Física: a cena que não entra em sala – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, E. **Monitoria Discente no Ensino Médio**: Promovendo Singularidades. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física e Faculdade de Educação, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, N.; ZANETIC, J. O trabalho do Físico através do teatro – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

PAGLIARINI, C.; SILVA, C. A estrutura dos mitos históricos nos livros de Física – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.

PAIXÃO, F. **Porque inventaram o calendário**. Incubadora virtual, 2008. Disponível em: < <http://calendario.iv.org.br/portal/textos/professor/ptexto02>>. Acesso em: 15 set, 2010.

PAMPU, L.; GARCIA, T. Características dos textos introdutórios para o ensino de Dinâmica em livros didáticos de Física para o Ensino Médio - Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

PAULA, H.; AGUIAR JR, O.; CASTRO, R. Ensinar e aprender sobre a natureza das ciências: propostas de intervenção em sala de aula – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

PAULA, H.; BORGES, A. Imagens dos estudantes do Ensino Fundamental sobre os propósitos e as metas da Ciência – Em: ATAS DO VIII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIII EPEF. Águas de Lindóia, 2002.

PAULA, H.; BORGES, A. A compreensão dos estudantes sobre o papel da imaginação na produção das Ciências – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – IX EPEF. Minas Gerais, 2004

PEDUZZI, L. Do átomo grego ao átomo de Bohr: o perfil de um texto para a disciplina Evolução dos conceitos de Física – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XI EPEF. Jaboticatubas, 2004.

PERNAMBUCO, M. **Educação e escola como movimento**: do ensino de ciências à transformação da escola pública. Tese. São Paulo: FEUSP, 1994.

PIASSI, L.; PIETROCOLA, M. Quem conta um conto aumenta um ponto também em Física: contos de ficção científica na sala de aula – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luiz, 2007a.

PIASSI, L.; PIETROCOLA, M. Primeiro contato: Ficção científica para abordar os limites do conhecido em sala de aula – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luiz, 2007b.

PIASSI, L.; PIETROCOLA, M. Questões sociopolíticas de Ciência através da ficção científica: um exemplo com "Contato"- Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

PINHEIRO, L.; COSTA, S.; MOREIRA, M. Projetando o ensino de partículas elementares e interações fundamentais no Ensino Médio – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

PINO, P.; OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. Concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de Ciências naturais de 5° a 8° série do Ensino Fundamental – Em: ATAS DO IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – IXEPEF. Jaboticatubas, 2004.

PINTO, A.; ZANETIC, J. Contribuições das filosofias da Ciência para uma reflexão sobre as (re)concepções do ensino de Física - Em: ATAS DO VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIIIEPEF. Florianópolis, 2000.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência&Educação**, v.13, n.2, p. 141-156, 2007

QUEIROZ, G.; LIMA, M.; CASTRO, G. Estudo de caso: um licenciando e suas decisões na adoção de um modelo filosófico com propósitos pedagógicos – Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003.

QUEIRÓS, W.; NARDI, R. Um panorama da epistemologia de Ludwik Fleck na pesquisa em Ensino de Ciências – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XI EPEF. Curitiba, 2008.

QUINTAL, J.; MORAES, A. A história da Ciência no processo de ensino-aprendizagem – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIIISNEF. Vitória, 2009.

RAMOS, E.; PINTO, S.; VIANNA, D. Ciência, Tecnologia e Sociedade no contexto da sala de aula- Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

RIBEIRO, R.; KAWAMURA, M. Ensino de Física e formação do espírito crítico: reflexões sobre o papel da divulgação científica – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

SALES, N.; SANTOS, R. A ciência através dos tempos: uma integração entre Física e História- Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003

SANTILLI, H. El método en Ciencias su influencia en la enseñanza y en el aprendizaje – Em: ATAS DO VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIIIEPEF. Florianópolis, 2000.

SANTOS, K.; SILVA, F.; FIGUEIREDO, W. O nascimento da tragédia no ensino de Física – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.

SILVA, B.; MARTINS, A. A experiência de Young: a Pedra da Roseta na natureza da luz? – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Curitiba, 2008.

SILVA, C.; PAGLIARINI, C. A natureza da Ciência em livros didáticos de Física - Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

SILVA, C.; PIMENTEL, A. Benjamin Franklin e a história da eletricidade em livros didáticos – Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Londrina, 2006.

SILVA, D.; ABIB, M. Abordagem CTS no Ensino de Física na concepção de futuros educadores – Em: ATAS DO XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIEPEF. Curitiba, 2008.

SILVA, E.; FERREIRA, D.; REINEHR, E.; ANDRADE, J. "Do início até você": Um curso de História da Ciência e Tecnologia através de filmes no Ensino Médio – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, E.; TEIXEIRA, R. A História da Ciência nos livros didáticos: Um Estudo Crítico sobre o Ensino de Física pautado nos Livros Didáticos e o uso da História da Ciência – Em: Atas DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

SILVA, I.; SILVA, A. A teoria de Bohr -Kramers-Slater para a Mecânica Quântica: perspectivas para o Ensino de Física- Em: ATAS DO X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XEPEF. Curitiba, 2008.

SILVA, L.; BOCANEGRA, C.; OLIVEIRA, J. A compreensão dos alunos do Ensino Médio em relação aos aspectos da natureza da Ciência – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

SILVEIRA, A.; ATAÍDE, A.; SILVA, A.; FREIRE, M. Natureza da Ciência numa proposta de sequência didática: explorando os pensamentos de Aristóteles e Galileu sobre o movimento relativo - Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIII SNEF. Vitória, 2009.

SNOW, C.P. **As Duas culturas e uma Segunda Leitura**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

SNYDERS, G. **A alegria na escola**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1988.

SOARES, M.; BRAGA, T. A Origem das Crateras Lunares: uma proposta para ensinar elementos do método científico – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luiz, 2007.

SOUZA, R.; ARAÚJO, M.; GUAZZELLI, I.; MACIEL, M. Concepções dos estudantes sobre a ciência, os cientistas e o método científico: uma abordagem histórico-crítica como base para uma proposta de intervenção visando a resignificação destes conceitos – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.

SOUZA, C.; SCHNEIDER, K.; PAMPU, L.; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, O.; HIGA, I. Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade num curso de Física – Em: ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII ISNEF. Vitória, 2009.

STAUB, A.; PEDUZZI, L. O Papel da Epistemologia em uma disciplina e Evolução dos Conceitos da Física – Em: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVSNEF. Curitiba, 2003.

STAUB, A.; PEDUZZI, L. A história da Ótica e a epistemologia bachelardiana: um estudo exploratório – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

STERN, A.; MITTON, J. **Pluto and Charon: Ice Words on the Ragged Edge of the Solar System**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, INC, 1998.

STOLER, S. O que é um planeta? **Scientific American Brasil**, ed. 57, fev 2007.

TANCREDI, G. De 9 a 12 y finalmente 8: ¿cuántos planetas hay alrededor del Sol? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 4, p. 69-77, 2007.

TEIXEIRA, E.; FREIRE JR, O. Um estudo sobre a influência da História e Filosofia da Ciência na formação de estudantes de Física – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVIIISNEF. São Luiz, 2007.

TEIXEIRA, O. As representações de Ciências dos professores das séries iniciais do Ensino Fundamental num curso de Educação continuada – Em: ATAS DO VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – VIIIEPEF. Florianópolis, 2000.

UNIAO ASTRONOMICA INTERNACIONAL. **IAU 2006: General Assembly: Result of the IAU Resolution votes**. Praga, 2006. Disponível em: http://www.iau.org/public_press/news/detail/iau0603/. Acesso em: 2 set, 2010.

VALENTE, L.; BARCELLOS, M.; ZANETIC, J. Entrevista com Einstein – Em: ATAS DO XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVII SNEF. São Luís, 2007.

WEINTRAUB, D. **Is Pluto a planet?: a historical journey through the solar system**. Estados Unidos: Princeton University Press, 2007.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T.; PINHEIRO, T. A história e a filosofia no ensino de Ciências à luz das ideias de Mario Bunge: o exemplo do eletromagnetismo – Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T.; TEIXEIRA, C. PCN-EM: Contextualização ou recontextualização - Em: ATAS DO XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - XVISNEF. Rio de Janeiro, 2005.

ZANETIC, J. **FEP 156 Gravitação/Notas de aula para 1995**. São Paulo: IFUSP, 1995.

ANEXOS

Nome: _____ Série: _____

Pensando a Ciência

Queremos saber sua opinião sobre algumas características da Ciência. Para isso, responda as questões abaixo.

1) Em sua opinião, o que é a ciência? O que faz a Ciência (ou disciplinas científicas como física, biologia, etc.) ser diferente de outras disciplinas que envolvem investigação (por exemplo, religião, filosofia)?

2) O desenvolvimento de conhecimento científico necessariamente exige experiências?

✓ Se sim, explique por quê. Dê um exemplo para defender sua posição.

✓ Se não, explique por quê. Dê um exemplo para defender sua posição.

3) (a) Depois que os cientistas desenvolvem uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), estas teorias mudam ? () Sim () Não

Explique por quê. Defenda sua resposta com exemplos.

(b) Explique por que nos preocupamos em aprender teorias científicas.

4) Você acredita que os cientistas podem fazer ciência de maneiras diferentes por viverem em locais distintos, com valores sociais, políticos, religiosos, filosóficos diferentes? Estes valores podem influenciar a produção científica? Por que?

5) Cientistas realizam experiências/investigações quando tentam encontrar respostas para suas questões de pesquisa. Os cientistas usam a criatividade ou imaginação durante suas investigações? () Sim () Não Por que?

✓ Se sim, então em quais estágios da investigação você acredita que os cientistas usam a imaginação e a criatividade? Dê exemplos se considerar apropriado.

6) Quando se atribui uma teoria a um certo cientista, podemos considerar que o mérito é exclusivamente dele? () Sim () Não

Justifique e dê um exemplo em que sua afirmação aconteça.

7) Em 2006, os cientistas afirmaram que o astro Plutão não é mais considerado planeta. Qual é sua opinião sobre esta mudança?

Questionário Preliminar: concepção discente de ciências

Apresenta-se a seguir o processo de construção do questionário preliminar que procurou compreender a concepção de ciências da turma de alunos que cursou o terceiro ano do ensino médio no ano anterior ao grupo com o qual será realizada a intervenção. E em seguida, traz-se a análise e os resultados referentes à concepção discente sobre o caráter provisório do conhecimento científico.

i. Construção do questionário

Aplicou-se um questionário que procurou compreender como os alunos percebem a transitoriedade do conhecimento científico, a influência social, cultural na produção desse saber, como veem o papel da imaginação neste processo e se concebem a ciência como uma construção coletiva, antes de se promover qualquer discussão sobre o tema.

As cinco primeiras questões foram adaptações do questionário desenvolvido por Lederman et al. (2002) em uma investigação que tinha por objetivo a construção e validação de um instrumento de pesquisa que permitiria o acesso à visão de professores e alunos acerca da natureza da ciência. As adaptações realizadas consistiram basicamente em desmembrar questões únicas, mas que apresentavam mais de uma indagação, em mais de uma pergunta, ou na inclusão de espaçamentos para as respostas, intercalando cada proposição, pois percebemos, ao validar o questionário, que os estudantes respondiam a primeira colocação, mas se esqueciam de responder as demais que também estavam inclusas na questão inicial. Estas questões investigam como os alunos caracterizam a ciência de uma maneira mais geral e a diferenciam das demais disciplinas (questão 01), como veem o papel do experimento no desenvolvimento da ciência (questão 02), se aceitam ou não a transitoriedade do conhecimento científico (questão 03), como percebem a influência dos aspectos social e cultural (questão 4) e do papel da imaginação (questão 5) na produção desse saber.

Além da utilização de algumas questões do questionário de Lederman, desenvolvemos uma questão (6) que procurou investigar se os alunos percebem a ciência como uma construção coletiva, pois temos a pretensão de

desmistificar, explicitando o caráter histórico e coletivo desse saber, possíveis crenças que atribuem o “desenvolvimento” da ciência a insights de grandes gênios. Esta preocupação surgiu ao verificarmos que algumas pesquisas publicadas nos últimos dez anos de edições dos EPEF e SNEF indicam que os livros didáticos reforçam a imagem do cientista-herói (PAMPU, GARCIA, 2009) e que os alunos do Ensino Básico possuem uma visão distorcida do cientista, ora o vendo como alguém esquecido de si mesmo, preocupado com suas experiências de laboratório que levam a descobertas que beneficiam a humanidade (KÖHNLEIN, PEDUZZI, 2002), ora como loucos ou para poucos privilegiados intelectualmente (SOUZA ET AL, 2007).

O questionário possui uma sétima questão investigando a opinião dos estudantes sobre a mudança da categorização do astro Plutão de planeta para planeta-anão, alteração decidida na 26ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional em 2006. Esta questão foi proposta para validar o resultado terceira, que investigava a concepção do interlocutor sobre o caráter transitório e não absoluto do conhecimento científico. A intenção foi verificar se o aluno mantém a mesma posição quando confronta-se com uma situação concreta. Escolhemos a mudança da categorização de Plutão para problematizar o tema, uma vez que os alunos acompanharam esta transição e vivenciaram a mudança dessa classificação que se ensinava há muitos anos no ambiente escolar.

Até o momento analisou-se duas questões (3 e 7), relacionadas ao status transitório do conhecimento científico. Esta prerrogativa foi feita porque este aspecto da ciência está relacionado à noção de verdade que se atribui às teorias científicas e a postura crítica, ou não, que se adota em relação a este saber. Apresenta-se a seguir os resultados preliminares desta avaliação.

ii. Concepção discente sobre a transitoriedade do conhecimento científico

Analisamos as duas questões relacionadas à transitoriedade do conhecimento científico:

3) (a) Depois que os cientistas desenvolvem uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), estas teorias mudam?

() Sim () Não

Explique por quê. Defenda sua resposta com exemplos.

7) Em 2006, os cientistas afirmaram que o astro Plutão não é mais considerado planeta. Qual é sua opinião sobre esta mudança?

Após uma leitura exaustiva das respostas dadas a estas questões procuramos agrupar as afirmações de aceitação ou não a transitoriedade das teorias ou a nova classificação de Plutão, a partir da análise das justificativas. Estas últimas foram agrupadas em categorias elaboradas a partir da própria análise dos dados. Esta metodologia foi escolhida para evitar classificações fundamentadas em categorias pré-concebidas, baseadas, por exemplo, em posições filosóficas, tais como empirismo, verificacionismo, etc, pois, conforme critica Leaderman (2002), este tipo de análise pode rotular as concepções em pontos de vistas que são mais artefatos do instrumento em uso do que uma representação das concepções dos participantes da pesquisa.

Participaram desta investigação oitenta e seis estudantes. Todos do 3o ano do Ensino Médio da escola estadual da periferia de São Paulo mencionada anteriormente. Dentre esses, sessenta e seis (77%) afirmaram que as teorias científicas podem mudar e vinte alunos (23%) negam esta possibilidade ao responder a primeira questão, sendo que 60% desses últimos (13% do total) aceitam uma certa coexistência de teorias, afirmando que as teorias existentes não mudam, mas podem surgir novas teorias sobre o mesmo tema.

Entre os alunos que afirmaram acreditar que as teorias mudam, identificamos as seguintes justificativas para a ocorrência de tais mudanças:

a- a novos estudos e descobertas (30 citações, 32%)

Teorias científicas são, como o próprio nome diz, apenas teorias, não são afirmações. Seus dados originam-se no estudo aprofundado de alguma área. Com a descoberta de novos dados, uma teoria pode ser adaptada. Como na Astronomia, a mudança de definição de Plutão, devido o aprofundamento de dados. Alexandre

b- para corrigir possíveis erros ou aperfeiçoar as teorias (14 citações, 15%)

Esta teoria pode mudar se a ciência definir uma mais completa e com mais características e definição mais ampla. Neste caso é reunido um conselho de cientistas para definir se vai haver a devida mudança, como a definição do que é o "metro" que mudou várias vezes sua definição. Marcos.

c- como resultado da própria passagem do tempo (10 citações, 11%)

Porque com o passar do tempo elas acabam evoluindo. Luana

d- devido avanços tecnológicos (7 citações, 7%)

Muitas vezes sim, ela vai se aperfeiçoando conforme as novas tecnologias. Alan

e- pela teoria anterior não ter sido comprovada (4 citações, 4%)

Porque ninguém tinha comprovado e ninguém tinha pensado daquela maneira sobre determinado assunto. Rodrigo

f- porque os cientistas mudaram de opinião (2 citações, 2%)

Sim, elas podem mudar, basta os cientistas mudarem seu ponto de vista em relação a alguns assuntos que as teorias anteriores são modificadas e assim, criando uma nova tese para ser debatida e reconhecida. Paula

g- não explicitaram os motivos da afirmação ou reponderam de forma vaga, de modo a não ser possível sua categorização (7 citações, 8%)

Entre os 22 alunos que afirmaram que as teorias não mudam, justificaram sua resposta com os seguintes argumentos:

g- não explicitaram os motivos da afirmação ou reponderam de forma vaga, de modo a não ser possível sua categorização (3 citações, 3%)

h- afirmam que não há mudança, mas o surgimento de novas teorias (12 alunos, 13%)

Porque um cientista já desenvolveu uma teoria, não tem como mudá-la, claro que outros cientistas podem criar outra teoria do mesmo assunto, mas não pode mudá-la. Ana

i- uma vez que teoria é baseada em muitos estudos, está certa e não é possível mudá-la (4 alunos, 4%)

Porque esses cientistas por muitos anos de estudos chegaram a uma conclusão, e que possivelmente está teoria está certa. Bruno

j- afirmou que as teorias não se modificam porque os cientistas não mudam de opinião (1 aluno, 1%)

Porque dificilmente eles mudam a opinião deles. Henrique

Na avaliação do resultado da segunda questão, sobre a aceitação ou não da nova categorização do planeta Plutão, verifica-se que dentre os 86 estudantes que responderam a questão, 39 alunos (45%) aceitam a mudança de Plutão, 38 alunos (44%) não aceitam e 9 alunos (11%) não responderam.

A construção de categorias de análise referentes a segunda questão, que representam aquelas elaboradas pelos alunos sobre a concordância ou não em relação à nova categorização do astro Plutão, foram agrupadas

segundo a natureza das justificativas fornecidas, independente da aceitação ou não da nova classificação de Plutão:

a- 20 alunos (23%) não aceitam a mudança da categoria de Plutão, pois afirmam que há tempos este astro foi considerado planeta e não aceitam que agora se altera a classificação

É difícil aceitar, porque o astro Plutão foi considerado planeta desde que foi descoberto, então seria difícil aceitá-lo como não planeta. Fernando

b- 21 alunos (25%) que aceitam a mudança da categoria de Plutão justificam que se Plutão não possui os atributos para ser considerado um planeta, sua categoria deve ser alterada e 7 alunos (8%) não aceitam a mudança pois não concordam que Plutão não tenha tais atributos.

Acredito que se os astrônomos aplicam uma regra específica para corpos celestes, ela deve ser seguida a risca. Se um novo dado sobre Plutão foi descoberto, e esse dado faz com que ele não se encaixe mais nos requisitos de planeta, sua adaptação de definição deve sim ser efetuada. Alexandre

Que ele tem o formato de um planeta, mesmo sendo suas dimensões menores, ele faz parte da atmosfera e para mim, ele é um planeta. Roberto

c- 7 alunos (8%) aceitam a mudança que é decorrente de novas descobertas

Esta mudança foi uma novidade. Com tantas pesquisas, uma hora algo seria descoberto. Maria

d- 6 alunos (7%) aceitam a alteração, pois os cientistas estudam muito e, portanto, há fundamento no que dizem.

Eles devem ter estudado muito para chegar a esta conclusão, por isso, ninguém deve duvidar de suas pesquisas. Fausto

e- 5 alunos (6%) que aceitam a mudança da categoria de Plutão e 11 alunos (13%) que não a aceitam, totalizando 16 alunos (19%) não justificaram suas respostas

f- 9 alunos (10%) não responderam

Os dados obtidos revelam que ao se elaborar uma resposta direta ao questionamento sobre a transitoriedade das teorias científicas, a maioria dos alunos (54%) aparentam aceitá-la. Estes elencam alguns critérios que justificam esta aceitação, relacionando tal possibilidade a novas descobertas, avanços tecnológicos e a necessidade de correções ou aperfeiçoamentos das teorias. No entanto, há estudantes (8%) que consideram que só há mudanças nas teorias, se as anteriores não tiverem sido comprovadas ou que estas não

mudam, já que são baseadas em muitos estudos que garantem sua validade, explicitando o que se poderia considerar um excesso de confiança às comprovações dadas pela ciência e a atribuição de um status absoluto a este conhecimento. Outros estudantes explicitam a aceitação da mudança das teorias como decorrência do tempo (11%), ou que estas mudam ou não, conforme a opinião do cientista (3%), ambas posturas que talvez possa se caracterizar por uma adoção de um relativismo acrítico, em que não se considera critérios mais rígidos para tais decisões, em que a idéia de mudança é aceita como uma fatalidade ou a mercê das opiniões dos cientistas. Ainda encontramos alunos (12%) afirmando que não há mudança, mas o surgimento de novas teorias, uma posição que não nos permite avaliar se o aluno aceita ou não a transitoriedade da ciência, pois não é possível perceber o que significa para estes alunos a existência de novas teorias.

Este quadro revela uma heterogeneidade de posições, em que a maioria dos alunos percebe o dinamismo das teorias científicas (ainda que não seja possível mensurar a partir da análise do questionário qual é o nível de consciência desses alunos sobre o tema) e um grupo menor que não percebe essa característica da ciência. Trata-se de um resultado inesperado, pois considerando que as pesquisas mais recentes têm demonstrado que a visão empírico-indutivista é a predominante no ambiente educacional, acreditávamos que a maioria dos estudantes, da mesma maneira, também não perceberia ou aceitaria a noção da transitoriedade das teorias científicas.

Contudo, ao avaliar o julgamento dos alunos referente a mudança da categoria de Plutão há uma incoerência se compararmos com as respostas dadas a primeira questão. Entre os alunos que afirmaram que as teorias científicas mudam, aproximadamente metade deles não aceitou a mudança de categorização de Plutão. O mesmo contraste aconteceu com aqueles que não aceitaram o caráter temporário das teorias científicas, metade deles aceitou a nova classificação de Plutão. Ao que parece, estes alunos não relacionaram a possibilidade das mudanças nas teorias científicas com a mudança na categorização de Plutão, daí a incoerência nas respostas as duas questões.

Ao analisar as justificativas dadas para esta segunda questão, verificamos que 33% dos alunos utilizaram como critério de decisão considerar

se Plutão possui os atributos de um planeta. Esta postura parece interessante, pois o estudante apresentou ponderações em relação aos critérios estabelecidos na definição de planeta para fundamentar sua própria escolha. Nota-se que os estudantes não têm bem esclarecido este episódio, mas considera-se aqui que, mesmo sem um conhecimento aprofundado das decisões referentes a nova definição de planeta, estes alunos se aproximaram mais de uma atitude que analisa a situação de maneira mais crítica, ainda que esta afirmação tenha que ser feita com ressalvas, já que o desconhecimento de informações sobre o processo que culminou na nova categorização do Plutão fragiliza tal postura. Na contrapartida, 33 alunos (38%) explicitam justificativas que denotam uma aceitação passiva muito maior aos dados da ciência: a não aceitação da nova categoria de Plutão devido a longa data que se atribui tal classificação (23%), aceitação baseada na confiança na decisão dos cientistas (7%) ou decorrente de novas descobertas sem explicitar outros julgamentos (8%). Nota-se que nestes casos há uma postura que atribui um status de verdade ao conhecimento científico. No primeiro, além desta autoridade atribuída à ciência, também lhe facultam um status absoluto, já que não se aceita que mudanças sejam feitas depois que um determinado conhecimento foi, de certa maneira, sedimentado. Nos outros dois casos, aceitam-se tais alterações, mas esta postura está baseada na confiança que se atribui ao julgamento dos cientistas.

Estes resultados revelam a importância de insistirmos no desenvolvimento de metodologias que discutam sobre a epistemologia da ciência na sala de aula de forma mais efetiva e significativa ao aluno.

Em concordância com as argumentações de muitos pesquisadores em ensino de ciências defendemos, portanto, a importância de se promover um ensino que articule conhecimento da ciência (que fornece subsídios para o entendimento e análise de problemas) e compreensão da natureza da ciência (que permitirá uma postura mais crítica em relação a este saber) para se promover um ensino que vise a autonomia do aluno, revelando a importância de se conhecer e considerar as várias facetas que envolvem um problema e as várias opções possíveis a sua solução, para se compreender e interpretar a

situação com mais profundidade e se fazer uma escolha consciente, que supõe a não aceitação das informações como verdades inquestionáveis.

Esta análise preliminar, sobre o olhar dos alunos em relação à transitoriedade do conhecimento científico e sobre o “caso” Plutão, reforçou nossa crença no potencial da discussão desse episódio no ensino, tanto para se entender conceitos da astronomia como para compreender o processo de construção das teorias científicas.

Os cientistas e a ciência – O que você acha deles?

Esta é uma pesquisa que poderá subsidiar atividades a serem desenvolvidas em aula. Além disso, algumas dessas respostas poderão contribuir para um trabalho de investigação desenvolvido em nível de Mestrado (USP). As informações não serão divulgadas de forma a identificar os autores. Assim, gostaríamos de solicitar sua colaboração. Obrigada.

Quantas vezes você acessa a internet por semana? () Nenhuma () 1 ou 2 () 3 a 5 () 6 a 10 () Estou sempre conectado

O que você mais faz na internet? _____

Quantos livros você leu no ano passado? () Nenhum () 1 ou 2 () 3 a 5 () 6 a 10 () Mais de 10

Quais? _____

1) Você aprende, lê, ouve, conversa sobre assuntos da ciência além daqueles discutidos em aula? Se sim, onde e sobre quais assuntos?

2) Quais características você acha que uma pessoa precisa ter para se tornar um cientista? Você imagina que a vida de um cientista é parecida com a dos demais profissionais?

3) Você acha que poderia se tornar um cientista ou uma cientista, se quisesse? Por quê?

4) Cientistas realizam investigações quando tentam encontrar respostas para suas questões de pesquisa. Você confia nas explicações dadas pelos cientistas? Por que sim ou por que não?

5) Depois que os cientistas realizam suas pesquisas, eles podem mudar de opinião, ou seja, suas explicações podem vir a mudar? Por que sim ou por que não?

6) Há alguns anos, alguns astrônomos decidiram que Plutão não é mais um planeta. Eles podem fazer isso? Comente.

7) Você sabe por que Plutão não é mais classificado como um planeta?

8) Qual é sua opinião sobre a mudança de classificação de Plutão?

9) Comentários ou outras observações sobre este assunto: (Use o verso, se necessário)

Nome: _____ Série: _____

Boletim da SAB, Vol 18, nº 2 (1999)¹²**O PLANETA PLUTÃO**

S. Ferraz-Mello

IAG-USP e Obs. Nacional/MTC

Uma onda de desinformação percorreu a mídia mundial no início do ano, dando várias voltas ao redor da Terra antes de dissipar-se. Dizia-se que a União Astronômica Internacional estaria organizando uma “votação” para destituir Plutão da sua qualidade de planeta. Ainda que seja verdade que alguns astrônomos mais afobados estivessem patrocinando uma eventual reclassificação de Plutão, a história real é bem mais racional e não é uma destituição. Antes de contá-la, deixemos claro que Plutão continua sendo um planeta e que nenhuma entidade séria cogita de considerá-lo de outra maneira.

1. A MASSA DE PLUTÃO

Uma certa “degradação” de Plutão ocorreu, de fato, em abril de 1978, quando o astrônomo J.W.Christy descobriu Caronte, o grande satélite de Plutão. Ao mesmo tempo em que o planeta ganhava o status de ter ao seu redor um grande satélite, o estudo da órbita de Caronte ao redor de Plutão cedo mostrou que a massa de Plutão era muito menor do que aquela que então se supunha que ela possuísse: apenas 0,2 por cento da massa da Terra. Plutão é, de longe, o menor dos planetas conhecidos (o outro “menor” planeta do Sistema Solar, Mercúrio, tem uma massa igual a 5,3 % da massa da Terra). O erro das determinações anteriores, que levava a supor uma massa bem maior – cerca de 10 % da massa da Terra – vinha da impossibilidade de uma determinação gravitacional da massa de Plutão, e da utilização de hipóteses errôneas sobre seu albedo. Não se pensava que pudesse ser tão alto; Plutão reflete para o espaço 90 % da luz que recebe do Sol. Sua superfície é formada por gelos que absorvem apenas uns 10 % da luz que recebem do Sol, refletindo o resto. Assim, o relativamente alto brilho de Plutão (magnitude absoluta - 1) levou a aceitar estimativas grosseiras e excessivamente otimistas sobre sua massa, que não se confirmaram.

Este fato levou a repensar a realidade daquele planeta. O finado Bob Harrington, que fez a primeira estimativa moderna de massa, intitulou uma discussão sobre o tema, em um *workshop*, da seguinte forma: “Plutão, asteroide 1930EX ou cometa P/Tombaugh”. Eu não me lembro do título exato que ele usou, mas a ideia era mostrar que dada sua pequena massa e gelos que recobrem sua superfície, ele poderia muito bem ser classificado como sendo um grande asteroide ou um cometa (ele certamente viria a apresentar uma atividade de tipo cometário, se se aproximasse mais do Sol permitindo uma taxa elevada de sublimação de gelo).

2. OS OBJETOS TRANSNEPTUNIANOS

Em 1992-93 Jewitt and Luu descobriram vários objetos de magnitudes 22-24 em órbitas além do planeta Netuno. Às suas descobertas seguiram-se muitas outras e, hoje, mais de uma centena de objetos são conhecidos com órbitas transneptunianas. Eles parecem pertencer a uma numerosa família de objetos que formam, além da órbita de Netuno, um cinturão de objetos – o cinturão de Edgeworth-Kuiper – muito semelhante ao cinturão dos asteroides (este, entre Marte e Júpiter). A existência deste cinturão foi conjecturado por Edgeworth e Kuiper, por volta de 1950.

¹² Trata-se de uma versão adaptada para fins didáticos

3. A CONTROVÉRSIA

Muitos dos objetos do cinturão de Edgeworth-Kuiper já foram observados em várias posições e tem suas órbitas bem determinadas. Na prática, no caso dos asteroides é que a quando isso ocorre, o asteroide é numerado e catalogado junto com os demais de movimento bem conhecido, de modo tal que possa ser observado e identificado no futuro sem erro. A discussão entre os administradores dos catálogos deve decidir se os objetos do cinturão de Edgeworth-Kuiper serão incluídos no mesmo catálogo dos asteroides, ou se haverá, à parte, um catálogo de objetos transneptunianos. Havendo um catálogo de objetos transneptunianos, é óbvio que Plutão será o número 1 desse catálogo, já que foi o primeiro objeto transneptuniano a ser descoberto. Mas, o que fazer se a decisão for a mais lógica, que é manter um único catálogo? Nesse caso, o que fazer com Plutão? Alguns sugeriram que ele fosse catalogado junto, e como o catálogo de asteroides de órbita bem determinada se aproximava do número 10.000, foi sugerido atribuir-lhe esse número. Como este número foi atingido no início do ano corrente, precipitou-se a celeuma comentada na imprensa. Catalogá-lo ou não com os asteroides não muda nada da sua realidade, e muitos objetos do Sistema Solar, por razões de praticidade tem dupla designação (por exemplo, Quíron, classificado como asteroide, também está classificado como cometa: cometa P/Kowal). É apenas uma questão de ordem prática. Por essa razão, muitos astrônomos ficaram alheios à discussão. Mas a maré de desinformação difundida na mídia mostrou que uma eventual inclusão de Plutão no catálogo dos asteroides tinha um enorme potencial deseducativo. E foi preferível manter-se o status quo de Plutão. A controvérsia se exacerba pela cada vez mais frequente designação de “asteroide” para objetos menores do sistema solar interior, em órbita heliocêntrica e sem atividade cometária. Mas ela se ameniza se lembrarmos que a designação clássica, ainda predominante em vários idiomas não é essa. A designação antiga de “pequeno planeta” (monor planet, petites planète, kleine planete, ...) caberia perfeitamente a Plutão, como também a Mercúrio. Apenas um planeta menor que os demais!

Scientific American Brasil, nº 57 (2007)¹³

O que é um planeta?

→ Por Steven Soter

A maioria de nós aprendeu desde cedo a definir como planeta corpos que orbitam uma estrela, brilham ao refletir a luz estelar e são maiores que um asteroide. Embora a definição pudesse não ser muito precisa, ela claramente categorizava os corpos que conhecíamos na época. Mas na década de 90 uma série memorável de descobertas tornou-a insustentável.

Além da órbita de Netuno, astrônomos encontraram centenas de mundos gelados, alguns bem grandes, ocupando uma região em forma de rosquinha denominada cinturão de Kuiper. Nos arredores de outras estrelas, identificaram mais planetas, muitos dos quais com órbitas em nada semelhantes às que vemos no Sistema Solar. Além disso, descobriram anãs-marrons, que dificultam a distinção entre planetas e estrelas. E deparam com objetos similares a planetas à deriva na escuridão do espaço interestelar.

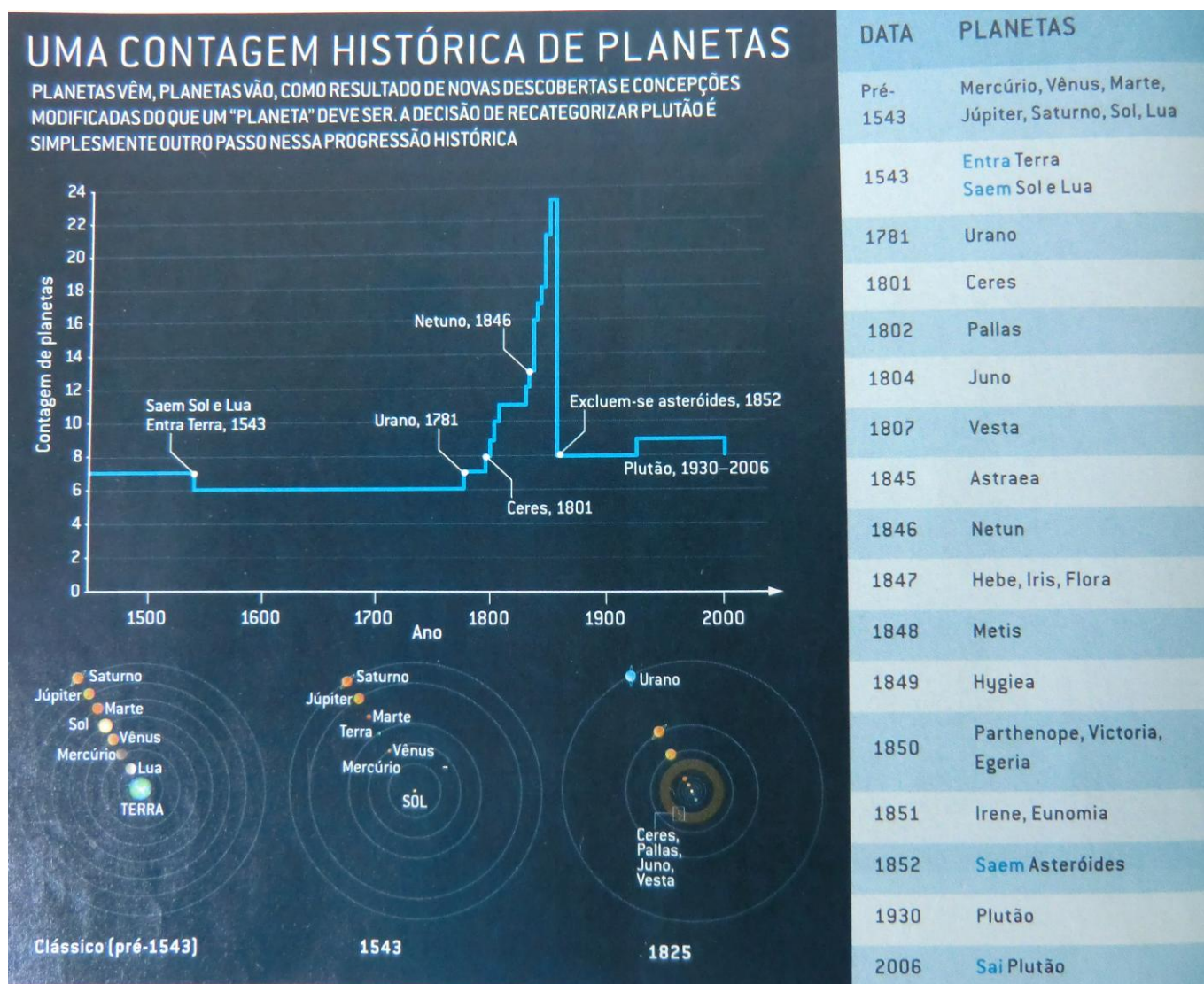
Essas descobertas deram início a um debate sobre o que realmente seria um planeta e levaram à decisão da União Astronômica Internacional (IAU, na sigla em inglês), a principal sociedade profissional de astrônomos. Segundo os novos critérios, um planeta é um objeto que orbita uma estrela, é grande o suficiente para ter forma redonda e - o que é crucial - "limpou a vizinhança próxima à sua órbita". De forma controversa, a definição atual tira Plutão do rol planetário. Alguns astrônomos dizem que vão se recusar a usá-la e organizaram um abaixo-assinado de protesto.

Esse não é apenas um debate sobre palavras. A questão é cientificamente importante. A nova definição de planeta reflete avanços na forma como entendemos a arquitetura do nosso e de outros sistemas solares. Esses sistemas se originam por acreção: pequenos grãos se reúnem para formar grãos maiores, que então se juntam para estruturar pedaços ainda maiores, e assim por diante. No final, o processo dá origem a um pequeno número de corpos maciços - os planetas - e a um grande número de corpos bem menores - os asteroides e os cometas, que representam detritos deixados pela formação dos planetas. Em resumo, longe de ser categoria arbitrária, "planeta" é uma classe objetiva de corpos celestes.

O autor

Steven Soter Pesquisador associado do departamento de astrofísica do Museu Americano de História Natural, em Nova York, e do Centro para Estudos Antigos da Universidade de Nova York, onde dá seminários de graduação sobre tópicos que vão de "pensamento e especulação na ciência" a "geologia e antigüidade no Mediterrâneo". Foi co-autor, com Carl Sagan e Ann Druyan, da série de televisão Cosmos.

¹³ Trata-se de uma versão adaptada para fins didáticos



Resumo/Definição de Planeta

→ Em agosto último, membros da União Astronômica Internacional votaram para definir como planeta todo corpo que orbita uma estrela, é grande o suficiente para ser redondo e limpou outros corpos de sua vizinhança. A definição foi criada para dar fim a um longo debate, mas parece ter apenas colocado lenha na fogueira.

→ Os críticos qualificaram a definição de arbitrária e imprecisa, mas a acusação é infundada. O Sistema Solar se divide claramente entre oito corpos maciços o suficiente para dominar suas zonas orbitais e grupos de objetos menores que ocupam órbitas que se cruzam. Esse padrão parece refletir a forma como o Sistema Solar foi formado e evoluiu.

TRABALHO EM GRUPO

Nome: _____ n^o _____ 3^o ano
 Nome: _____ n^o _____
 Nome: _____ n^o _____
 Nome: _____ n^o _____

QUESTÕES

Em 2006 os astrônomos decidiram mudar a classificação de Plutão de planeta para planeta-anão. O assunto foi e ainda é muito polêmico. Leia atentamente as reportagens anexas para conhecer algumas das divergências que envolvem o caso Plutão e responda as questões. O artigo do Boletim da SAB (Sociedade Astronômica Brasileira) é de 1999, ano que o tema percorreu a mídia mundial visto a primeira tentativa de mudar a classificação de Plutão pela União Astronômica Internacional (IAU, sigla em inglês). E a reportagem da Scientific American é de 2007. Esta traz a informações sobre os novos critérios estabelecidos pela IAU para definir um planeta, nos quais Plutão não se enquadra.

1) Quais são as controvérsias/discussões em relação a Plutão apresentadas nas reportagens? Por que estas divergências apareceram?

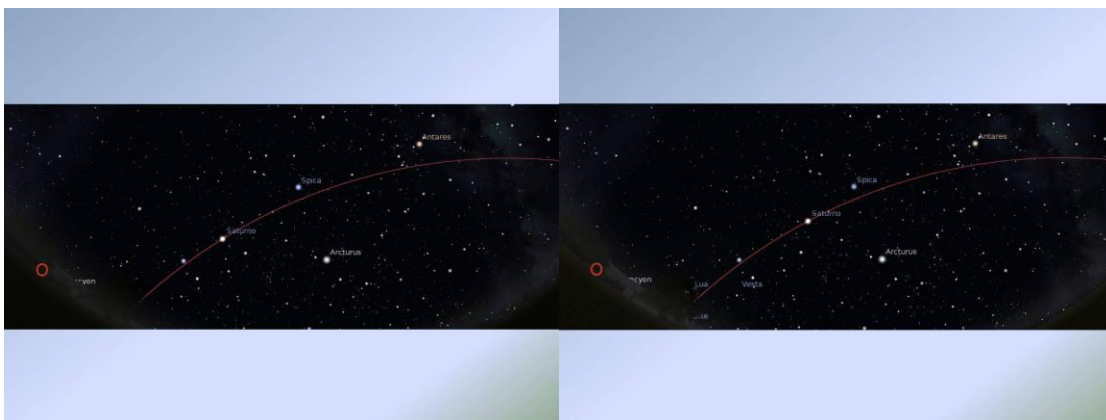
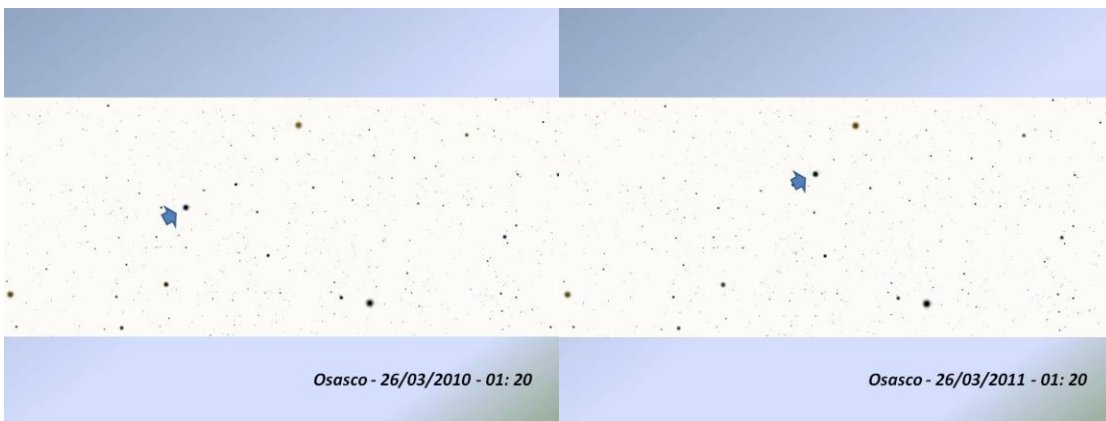
2) A partir das informações contidas nos textos lidos, indique os argumentos favoráveis e contra a nova classificação de Plutão.

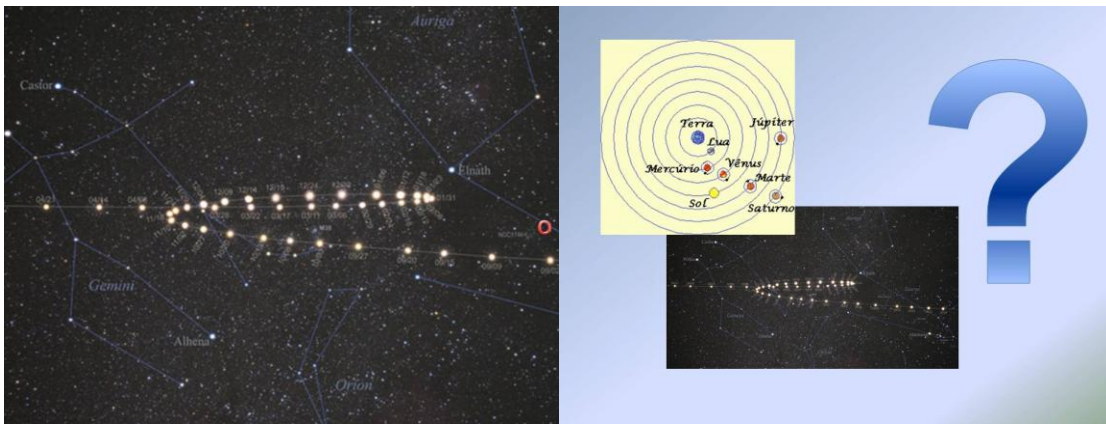
Argumentos a favor e contra a manutenção do status de planeta à Plutão	
Favoráveis	Contra

3) Dúvidas, comentários ou outras observações sobre este assunto: (Use o verso, se necessário)









Aristarco de Samos (310 a 230 a.C.)

Modelos de Universo

Ptolomeu (Aristóteles)

Geocêntrico

- * Elaborou uma detalhada teoria matemática dos movimentos dos planetas.
- * Suas ideias permitiam prever, com grande precisão, a posição de qualquer planeta, em qualquer época.

Modelos de Universo

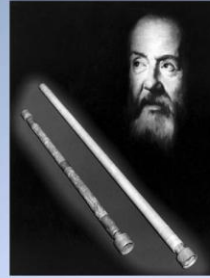


Heliocêntrico

Copérnico (Aristarco)

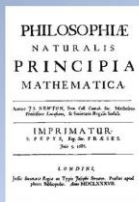
- * Estabelecer as distâncias dos vários planetas
- * A estrutura do sistema solar proposta por ele ainda é aceita

Galileu Galilei (1564-1642)



- * Luas em torno de Júpiter
- * Montanhas na Lua

Mundo celeste não era algo totalmente diferente do mundo terrestre



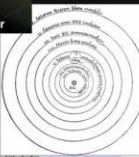
Isaac Newton (1643-1727)



$$F_g = G \frac{M m}{d^2}$$



A descoberta dos planetas do Sistema Solar



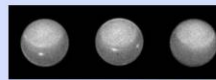
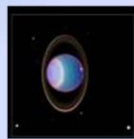
$$F = G \frac{M m}{d^2}$$

Aristarco, Giordano Bruno, Copérnico, Galileu, Kepler, Isaac Newton e muitos outros ...

A descoberta de um novo planeta : Urano



William Herschel



1781

A descoberta de Netuno



Urbain Leverrier

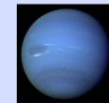


John Adams



Johann Galle

$$F_g = G \frac{M m}{d^2}$$



1846

A descoberta de Plutão



Percival Lowell



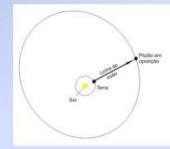
William H. Pickering



Clyde Tombaugh

A descoberta de Plutão

* Responsável por tirar e analisar fotografias do céu

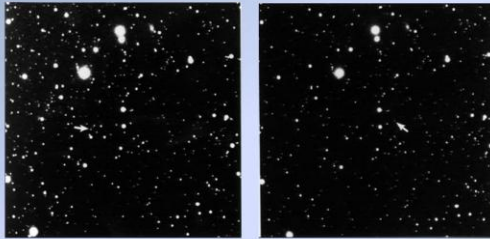


$$F_g = \frac{GMm}{d^2}$$

$$F = ma$$

$$a \cong \frac{1}{d^2}$$

A descoberta de Plutão



1930



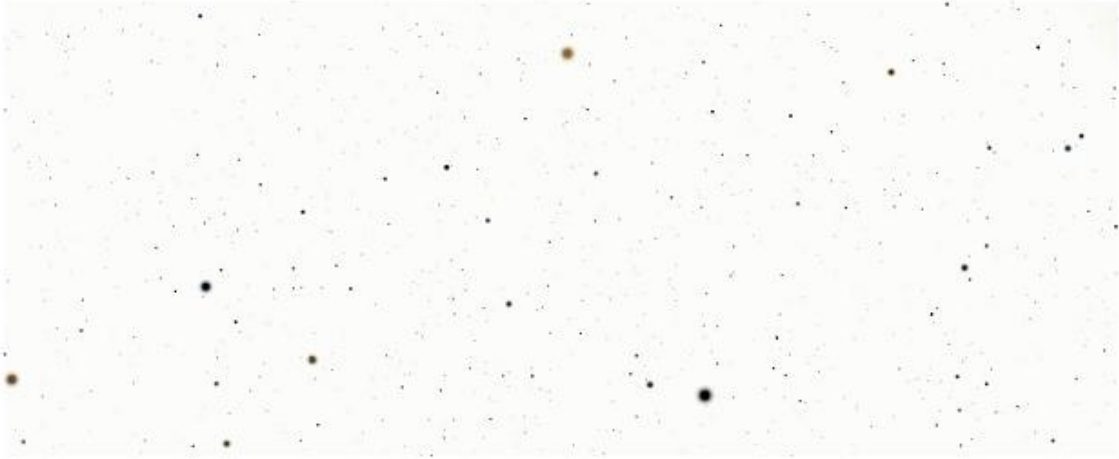
Ao analisar as histórias das descobertas de Urano, Netuno e Plutão, percebe-se que estas ocorreram graças aos avanços na qualidade dos telescópios, que permitiram observar corpos celestes mais distantes, e ao trabalho colaborativo de muitos astrônomos que, por séculos, registraram observações sobre o movimento dos corpos celestes e, a partir destes dados, construíram teorias que permitiram prever a trajetória dos planetas. Afinal, para observar um determinado objeto no céu, em meio à imensidão de “pontos de luz” que preenchem o universo, é preciso saber para onde apontar os telescópios.

Referências Bibliográficas

- HEWITT, P. *Física Conceitual*. Porto alegre: Bookman, 2002.
 MARTINS, R. *Universo: teorias sobre sua origem e evolução*. São Paulo: Moderna, 1994.
 SOBEL, D. *Os planetas*. São Paulo: Companhia da Letras, 2006.
 STERN, A., MITTON, J. *Pluto and Charon: Ice Words on the Ragged Edge of the Solar System*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, INC, 1998.
 WEINTRAUB, D. *Is Pluto a planet?: a historical journey through the solar system*. Estados Unidos: Princeton University Press, 2007.
 ZANETIC, J. *FEP 156 Gravitação/Notas de aula para 1995*. São Paulo: IFUSP, 1995.

Créditos da Imagens

- <http://apod.nasa.gov/apod/ap080511.htm>
<http://www.cienciamao.usp.br/>
<http://www.corbisimages.com/Enlargement/IH167568.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pickering_William_Henry_02598v.jpg
<http://photojournal.jpl.nasa.gov>
<http://www.sciencemuseum.org.uk/images/0001/10196350.aspx>
<http://www.sciencephoto.com/images>
<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Pluto&Display=Gallery&Page=2>
<http://portalopprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28703>
<http://www.thecuttingedgegenews.com/index.php?article=21688&pageid=28&pagename=Sci-Tech>
http://ventosdouniverso.blogspot.com/2010_08_01_archive.html



26/03/2009



26/03/2010



26/03/2011

A descoberta dos planetas do Sistema Solar

Estudamos, na aula anterior, que as divergências sobre a classificação de Plutão estão relacionadas, principalmente, às medidas de seu diâmetro e massa. E afinal, porque estas duas características sobre Plutão foram/são tão controversas? Por que estes valores mudaram tanto ao longo do tempo?

Algumas destas divergências, como comentamos em aula, estão relacionadas à dificuldade de se fazer estas medições. Plutão, além de ser pequeno, está muito, muito longe da Terra, o que dificulta sua observação.

Mas, afinal, como Plutão é observado? Será que é possível vê-lo a olho nu? Como este corpo celeste foi localizado e observado pela primeira vez? E como mediram, por exemplo, seu tamanho e massa? Será que usaram uma balança gigante? Será que usaram uma “super” fita métrica? Não, acho que não... Então, como será que estas medidas foram/são feitas?

Para tentar encontrar algumas das respostas, vamos começar conhecendo um pouco sobre a história das descobertas dos planetas. Compreender como eles foram e são observados nos ajudará a entender, posteriormente, como se mede o tamanho e massa destes corpos celestes. E finalmente, conhecer esta história, pode nos ajudar a compreender as polêmicas sobre o caso Plutão.

Portanto, sem mais delongas, mãos à obra!

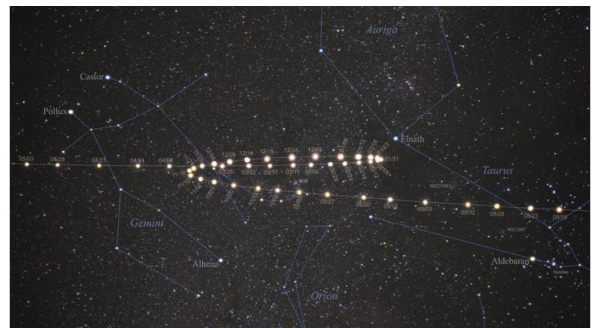
Planetas no céu

Alguns planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) foram observados a olho nu já na antiguidade. Ainda hoje podemos identificá-los no céu, apesar da iluminação urbana dificultar sua observação.

Ao olhar para o céu, em noites estreladas, vemos pontos de luz que podem não ser apenas estrelas. É muito possível que alguns daqueles sejam planetas. Mas, afinal, como, olhando para o céu, se diferenciou os planetas das estrelas?

Ao se observar o céu cuidadosamente, verificou-se que alguns dos pontos de luz se moviam em relação ao demais, aparentemente imóveis. Tratava-se, nada mais, nada menos, de planetas! Na época, chamados de “estrelas errantes”.

No entanto, algo que perturbou os astrônomos gregos naquela época foi observar uma trajetória parecida com uma laçada, realizada pelos planetas, chamada **movimento retrógrado**.



Movimento retrógrado de Marte - As imagens acima são uma série de fotos obtidas de agosto de 2007 a maio de 2008 sobrepostas, de forma que todas as estrelas coincidem. (Crédito da imagem: Tunç Tezel (TWAN))

Esse movimento irregular dos planetas (se movimentar de oeste para leste e de repente, mudar de direção, de leste para oeste, e depois, voltar ao seu caminho) causou estranheza porque

era contrário às expectativas de se observar os planetas em um movimento circular e uniforme ao redor da Terra. Sim, da Terra!

E para te contar esta história, sobre o processo de transição entre acreditar que a Terra era o centro do universo (modelo geocêntrico) e aceitar o Sol no centro (modelo heliocêntrico), apresento a seguir trechos de textos, com pequenas adaptações, retirados do livro *Universo: teorias sobre sua origem e evolução* de autoria do professor da Unicamp *Roberto Martins*, físico e doutor em Lógica e Filosofia da Ciência.

Vamos lá!

Dizíamos que se acreditava que a Terra estava no centro do universo. Sim, na antiguidade, praticamente todos aceitavam que a Terra estava parada no centro do universo, embora alguns, como Aristarco de Samos (310 a 230 antes de Cristo) afirmassem que a Terra girava em torno do Sol. O argumento de Aristarco se baseou nas suas avaliações de tamanho dos astros. O tamanho da Terra já era conhecido, mas discutia-se muito se o Sol e a Lua eram muito menores, ou de tamanho semelhante, ou muito maiores do que a Terra. Aristarco fez as primeiras medidas das distâncias da Terra até a Lua e o Sol, e verificou que a Lua era menor do que a Terra, mas o Sol era muito maior. Concluiu, por isso, que o Sol era mais importante e que não poderia ficar girando em torno da Terra. No entanto as ideias de Aristarco não foram aceitas na sua época.

Dentre os astrônomos que adotaram a concepção geocêntrica do universo (Terra no centro), o mais famoso foi Cláudio Ptolomeu, que viveu no século II depois de Cristo. A partir das ideias de Aristóteles (384 a 322 antes de Cristo), filósofo da Grécia Antiga que adotava a Terra no centro do universo, Ptolomeu elaborou uma detalhada teoria matemática dos movimentos dos planetas. Suas ideias permitiam prever, com grande precisão, a posição de qualquer planeta, em qualquer época. Durante muitos séculos, seu trabalho não foi ultrapassado por outros astrônomos.

É no século XVII que surge Nicolau Copérnico (1473-1543) e uma nova teoria astronômica. Ele teria, em torno de 1510, retomado as ideias de Aristarco de Samos, o grego que havia sugerido que o Sol era o centro do movimento dos planetas, e escrito sua primeira apresentação pública do seu sistema heliocêntrico (Sol no centro).

Foi Copérnico quem conseguiu, pela primeira vez, estabelecer as distâncias dos vários planetas. Em linhas gerais, a estrutura do sistema solar proposta por ele ainda é aceita. Na sua teoria, Mercúrio era o mais próximo ao Sol, seguido de Vênus, da Terra, Marte, Júpiter e, por fim, Saturno. Ele foi capaz de comparar essas distâncias, e mostrar, por exemplo, que a distância de Saturno ao Sol é cerca de 10 vezes maior do que a distância entre a Terra e o Sol; e que a distância de Mercúrio ao Sol é pouco mais de um terço da distância da Terra ao Sol. As distâncias das estrelas não podiam ser determinadas: mas Copérnico supôs que eram muito mais distantes do que Saturno.

A teoria de Copérnico não foi aceita logo que foi proposta, por muitos motivos. Ela colidia com toda a ciência de sua época e parecia em contradição com os fatos conhecidos. Não sentimos nenhum efeito do movimento da Terra. Se ela se movesse, não deveria surgir algum efeito disso? Além de ser estranha, ela entrava também em conflito com toda a tradição cultural e religiosa. Foi, por isso, considerada como uma hipótese curiosa e engenhosa, que permitia fazer cálculos astronômicos, mas que não descrevia a realidade.

No entanto, algumas pessoas começam a se convencer de que a teoria de Copérnico era verdadeira. Entre eles, Galileu Galilei (1564-1642), um dos mais famosos defensores do heliocentrismo (Sol no centro), tendo proposto uma nova física, diferente da de Aristóteles, para

tornar aceitável que a Terra se move em torno do Sol. Entre outras coisas, Galileu descobriu, por meio de um telescópio, a existência de “luas” (satélites) que se moviam em torno de Júpiter e observou a existência de montanhas na Lua. Esses estudos ajudaram a romper com a visão que se tinha anteriormente de que o mundo celeste era algo totalmente diferente do mundo terrestre.

Décadas mais tarde Newton, adotando o modelo heliocêntrico, irá propor a lei da atração gravitacional e mostra como ela permite explicar exatamente todos os movimentos dos planetas, dos cometas e dos satélites conhecidos, o que irá ajudar a consolidar a ideia do Sol no centro do universo e será de extrema importância para a descoberta de novos planetas além daqueles já conhecidos e observados a olho nu.

É interessante perceber que as ideias do heliocentrismo só superaram o sistema aristotélico-ptolomaico (concepção geocêntrica) após muitas argumentações, discussões e trabalhos feitos por vários pensadores, entre eles, Giordano Bruno, Galileu, Kepler, Isaac Newton e muitos outros.

A descoberta de um novo planeta: Urano

Há um intervalo de um pouco mais de um século entre a proposta da lei gravitacional de Newton (publicada na obra os *Princípios matemáticos da filosofia natural*, de 1687) e a descoberta de um novo planeta no céu. Além da necessidade de aperfeiçoar e desenvolver mais artifícios matemáticos para descrever o movimento dos planetas, foi essencial o desenvolvimento de equipamentos de observação, tal como a luneta e o telescópio.

Através do aperfeiçoamento dos telescópios foi possível observar o planeta Urano.

Como? Por mais incrível que possa parecer, foi durante a caçada a novos cometas e não a planetas!

Na época, muitos astrônomos varriam os céus na busca de novos cometas. Willian Herschel estava entre eles, tentando localizar novas estrelas e cometas e, em 1781 observou Urano. Apesar daquele ponto de luz não apresentar características típicas de um cometa, como uma *coma* (uma nuvem de gases e poeira em volta do corpo, resultado da vaporização dos materiais que o constituem) e uma cauda, Herschel acreditou que se tratava de um cometa. Naquele período, era muito difícil acreditar na existência de mais planetas além daqueles já conhecidos. No entanto, após acompanharem o movimento daquele corpo celeste e observarem que este não apresentava trajetória parabólica, típica de um cometa, e que continuava a não apresentar uma cauda, Urano foi declarado planeta. Tal descoberta trouxe novas possibilidades para a Astronomia.

Quer saber algumas delas? Vamos lá!

A descoberta de Netuno

Ao se descobrir Urano, inicia-se muitos estudos para prever a trajetória deste planeta. Para isso, há tempos, já se utilizava a teoria da Gravitação Universal elaborada por Newton para estudar o movimento dos corpos celestes.

A Lei da Gravitação Universal afirma que quaisquer dois corpos atraem um ao outro com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles e pode ser expressa matematicamente da seguinte maneira:

$$F_g = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Em que **M** é a massa de um corpo, **m** é a massa do outro corpo, **d** a distância entre os corpos, medidas a partir de seus centros, e **G** é uma constante que vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Dessa forma, já se sabia que as trajetórias dos corpos celestes são influenciadas por forças de atração existentes entre eles e os corpos ao seu redor. Assim, considerando as forças de

atração entre Urano e os corpos em seu entorno, foram feitas previsões de sua trajetória. Contudo, uma série de irregularidades foi observada em sua órbita, quando comparada com as previsões teóricas baseadas na teoria gravitacional de Newton. E isto levou os matemáticos e astrônomos a acreditar que a diferença entre a posição observada e a prevista ocorria porque não se levava em consideração, nos cálculos teóricos, uma possível perturbação gravitacional na órbita de Urano causada pela existência de um eventual candidato a planeta. Muitos astrônomos, então, realizaram novas previsões considerando a existência e possível localização deste novo astro. E, em 1846, Johann Gottfried Galle o localizou. Netuno foi observado pela primeira vez em uma posição muito próxima a prevista pelos cálculos teóricos do francês Urbain Leverrier e o inglês John Couch Adams. Dessa forma, podemos dizer que Netuno foi previsto matematicamente quase um ano antes de ter sido realmente observado por meio de telescópios. Tanto Adams quanto Leverrier enfrentaram dificuldades em convencer os principais astrônomos de seus respectivos países a apontar os telescópios para a região do céu onde o planeta proposto, segundo seus cálculos, poderia ser encontrado, o que estendeu o intervalo entre a previsão da posição de Netuno e sua observação no céu.

Após a confirmação da descoberta, muitos astrônomos se animaram pela busca de outros novos planetas. E se inicia uma nova caçada ao próximo planeta desconhecido.

A descoberta de Plutão

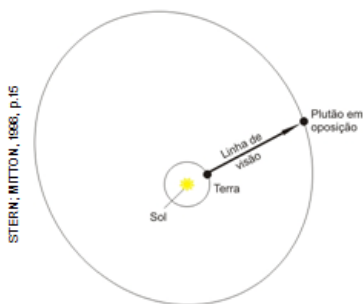
Nesta busca pelo novo planeta, o aristocrata Percival Lowell, que possuía bons conhecimentos científicos, foi um dos personagens que se destacou, além do astrônomo William H. Pickering, que fizeram, independentemente, várias previsões da possível localização daquele astro. Os dois fizeram, independentemente, muitas pesquisas entre 1905 e 1920, obtendo, juntos, mais de 1000 “fotos”¹⁴ do céu. No entanto, décadas se passaram e o novo planeta ainda não havia sido descoberto.

Lowell, com a passagem dos anos, foi envelhecendo e faleceu em novembro de 1916, sem localizar Plutão, enquanto Pickering continuou as buscas, também sem sucesso. Contudo, os assistentes de Lowell, dirigidos por Vesto M. Slipher, continuaram as pesquisas por ele iniciadas.

Em 1925, um familiar de Percival contribuiu financeiramente para a compra de um novo telescópio para o Lowell Observatório, em prol da busca pelo Planeta X, obsessão de Percival. Com isso, o diretor Slipher, em 1928, próximo à chegada do novo telescópio, contratou um novo técnico para auxiliar nas pesquisas, Clyde Tombaugh.

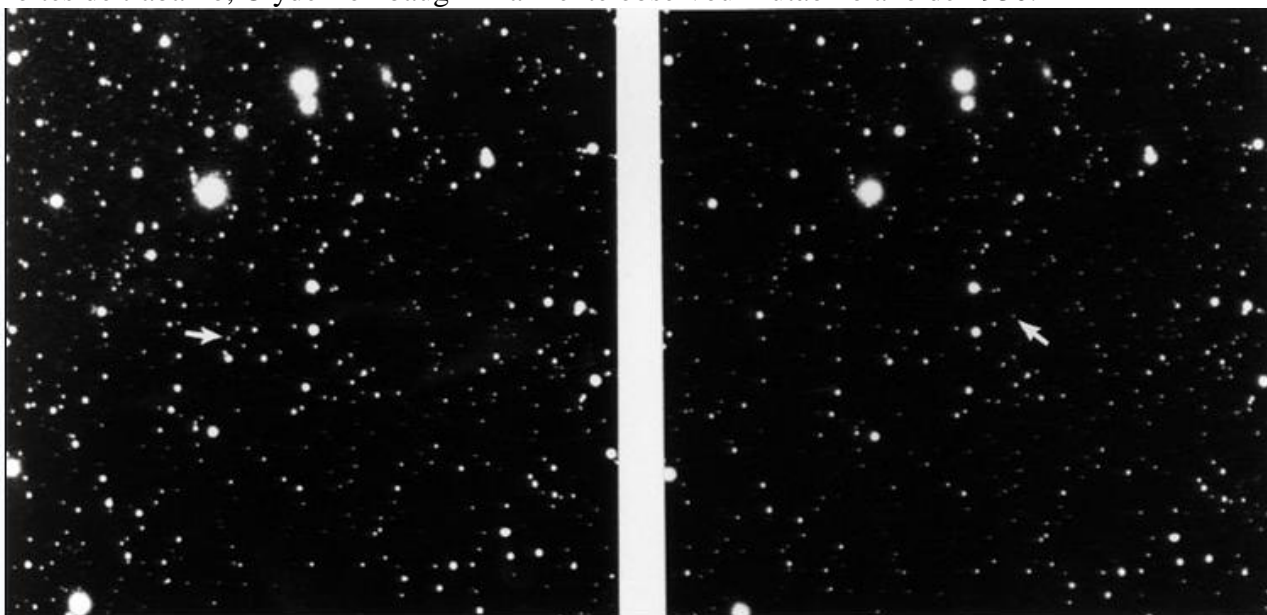
A princípio Tombaugh ficou responsável por tirar fotografias do céu. Ele precisava fazer fotos de longa e profunda exposição para que se conseguisse receber luz suficiente que registrasse a luz refletida por um possível planeta tão distante. Como os planetas se movem de maneira perceptiva de uma noite para outra entre as estrelas, a chave para encontrar o novo astro seria localizar um fraco ponto de luz movendo-se em um fundo de estrelas imóveis.

Após certo tempo, Tombaugh também ficou responsável por analisar suas fotografias. Em alguns meses, ele percebeu que o melhor lugar no céu para pesquisar planetas distantes seria em torno do local onde o movimento destes, vistos da Terra, seria mais rápido e notório. Este lugar no céu é chamado "ponto de oposição". Trata-se de um ponto oposto à direção do Sol.



¹⁴ Naqueles dias, as fotografias astronômicas eram feitas usando placas de vidro revestidas com uma mistura química sensível a luz.

Thombaugh percebeu que, nos “pontos de oposição”, se observava mais facilmente que os planetas têm um movimento mais lento quanto mais longe está do Sol. Tal relação compreende-se através da lei da gravitação universal e da lei do movimento dos corpos propostas por Newton: se a força que o Sol exerce sobre um planeta é inversamente proporcional ao quadrado da distância (lei da gravitação) e se a aceleração de um corpo é proporcional à força que atua sobre o corpo (2ª Lei de Newton), então a aceleração também será inversamente proporcional ao quadrado da distância. Assim, observando em pontos do céu opostos à direção do Sol, Tombaugh poderia distinguir mais facilmente o movimento vagaroso de um planeta em comparação aos asteroides, que também aparecem nos registros das fotos, mas que se moveriam muito mais rápido em relação aos planetas. Então, com esta estratégia, aprovada pelo diretor Slipher, Thombaugh voltou ao telescópio, fotografando o céu em pontos opostos à direção do Sol em uma região do céu chamada eclíptica - trajetória do Sol na esfera celeste, quando visto da Terra, ao longo de um ano (o Sol parece se mover devido à órbita da Terra em volta dele). Após algumas noites de trabalho, Clyde Tombaugh finalmente observou Plutão no ano de 1930.



Fotografias originais com as quais Tombaugh observou Plutão pela primeira vez. A foto da esquerda foi tirada em 23 de janeiro de 1930 e a da direita, seis dias depois. (Arquivos do Lowell Observatory)

Ao analisar as histórias das descobertas de Urano, Netuno e Plutão, percebe-se que estas ocorreram graças aos avanços na qualidade dos telescópios, que permitiram observar corpos celestes mais distantes, e ao trabalho colaborativo de muitos astrônomos que, por séculos, registraram observações sobre o movimento dos corpos celestes e, a partir destes dados, construíram teorias que permitiram prever a trajetória dos planetas. Afinal, para observar um determinado objeto no céu, em meio à imensidão de “pontos de luz” que preenchem o universo, é preciso saber para onde apontar os telescópios.

Referências bibliográficas

- MARTINS, R. **Universo: teorias sobre sua origem e evolução**. São Paulo: Moderna, 1994.
 SOBEL, D. **Os planetas**. São Paulo: Companhia da Letras, 2006.
 STERN, A., MITTON, J. **Pluto and Charon: Ice Words on the Ragged Edge of the Solar System**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, INC, 1998.
 WEINTRAUB, D. **Is Pluto a planet?: a historical journey through the solar system**. Estados Unidos: Princeton University Press, 2007.
 ZANETIC, J. **FEP 156 Gravitação/Notas de aula para 1995**. São Paulo: IFUSP, 1995.

Nome: _____ nº _____ 3º ano _____

Questões

Pensando sobre o trabalho científico

1) Após as discussões feitas em aula e a leitura do texto, descreva situações que revelem as características da ciência mencionadas a seguir:

a) Trabalho cooperativo dos cientistas, ou seja, ciência como um empreendimento coletivo.

b) Caráter transitório do conhecimento científico

c) Outros

2) Deixe seu comentário sobre a história da descoberta dos planetas.

(Use o verso se necessário)

Nome: _____ nº _____ 3º ano _____

Questões
Explorando o assunto

1) É possível observar os planetas apenas a olho nu? Explique como os planetas foram observados ao longo do tempo.

2) Os avanços da tecnologia na construção de telescópios foi de suma importância para a descoberta de novos planetas, além daqueles já conhecidos e observados a olho nu. Contudo, sem os estudos teóricos sobre o movimento dos corpos celestes, é pouco provável que encontraríamos novos planetas. Comente um pouco sobre isso, trazendo exemplos do texto.

3) Esta leitura permite perceber que não foi/é tão simples localizar e observar os planetas. E imagine, então, como deve ser para estudar suas características, tal como distância, diâmetro e massa. Você tem alguma ideia de como esses valores são obtidos?

O Sistema Solar em escala

Nas aulas anteriores conhecemos como os planetas foram identificados e observados. Hoje começamos a estudar como foram/são obtidas as medidas de distância e diâmetro.

As distâncias e diâmetros dos planetas e do Sol são muito grandes. Fica difícil imaginar estas dimensões. Assim, vamos fazer uma atividade para tentarmos concretizar melhor o significado destes valores.

Primeiro, vamos entrar em contato com os valores (Entregar tabela).

Consideremos o Sol com 1 392 500 Km de diâmetro. Este valor será representado por uma esfera de 20 cm de diâmetro, o que significa que cada 1 cm corresponde a aproximadamente 70.000 km. Agora é só usar o mesmo valor para os demais. Assim, basta dividir o valor do diâmetro de cada planeta por 70 000.

Para as distâncias, usaremos a mesma escala. Se 1 cm vale 70 000 km, por regra de três, temos que 100 cm (que equivale a 1 m) valendo 7 000 000 km. Assim, encontramos os valores em escala para cada distância ao Sol dividindo o valor da tabela por 7 000 000.

Ao final, obteremos os valores médios aproximados tanto das distâncias quanto dos diâmetros de alguns astros como Sol, planetas, luas e alguns planetas anões para uma escala que o diâmetro do Sol vale 20 cm.

Diâmetros e distâncias médios (valores aproximados)¹⁵

Astros	Diâmetro médio (km)	Em escala (cm)	Em escala (mm)	Distância média ao Sol (km)	Em escala (m)
Sol	1.392.500	20	200	-	-
Mercúrio	4.900	0,07	0,7	58.000.000	8,3
Vênus	12.100	0,17	1,7	108.000.000	15,4
Terra	12.800	0,18	1,8	150.000.000	21,4
Lua	3.476	0,05	0,5	150.384.000	21,5
Marte	6.800	0,1	1,0	228.000.000	32,6
Ceres	950	0,01	0,1	446.700.000	63,8
Júpiter	143.900	2,1	21	778.000.000	111
Ganimedes	5.280	0,08	0,8	1.071.000.000	153
Saturno	120.500	1,7	17	1.427.000.000	204
Urano	51.200	0,73	7,3	2.870.000.000	410
Netuno	50.500	0,72	7,2	4.497.000.000	642
Plutão	2320	0,03	0,3	5.900.000.000	847

Os corpos celestes na tabela estão organizados por ordem crescente de distância em relação ao Sol.

¹⁵ SÃO PAULO, Secretaria da Educação. *Caderno do professor: ciências, ensino fundamental – 6a série*, vol 1, p. 47-53, 2009.

CANALLE, J. *Oficina de Astronomia*. Instituto de Física – UERJ, p. 106 – 107.

Então, vamos comparar os diâmetros. Qual é o menor corpo celeste da tabela?

Ceres, planeta-anão. É o maior dos asteroides do cinturão de asteroides localizado entre Marte e Júpiter.

E o maior dos planetas?

Júpiter, planeta gasoso. Repararam que a lua de Jupiter, Ganimedes é maior que o planeta Mercúrio? Se Ganimedes girasse em torno do Sol, poderia ser considerado planeta, mas como se movimenta em torno de Júpiter, é classificado como satélite.

E Plutão, é maior do que quais corpos celestes?

Apenas maior que Ceres. Repararam que é menor que a nossa Lua? Plutão é maior que os asteroides, mas menor que a nossa Lua. Vemos que ele é bem menor em relação aos demais planetas.

Vocês conseguem, apenas olhando os valores, ter uma ideia do significado deles? O quanto estas distâncias e diâmetros são grandes?

Vamos fazer agora uma atividade para tentar dar uma ideia mais próxima da realidade.

Colocando essa bola de 20 cm representando o Sol aqui na sala de aula, onde estariam os demais planetas?

Vamos ver!

Realizar a atividade ressaltando as diferenças de diâmetro entre os planetas e as distâncias entre eles.

Acho que foi possível perceber o quanto os planetas estão muito distantes de nós, da Terra, mas quanto?

Como são feitas as medidas de distância?

Cenas do próximo capítulo na próxima aula!

Como é possível determinar as distâncias dos planetas?

Vocês perceberam o quanto os planetas estão muito distantes de nós, da Terra? Vocês imaginaram que era tão longe assim?

Vocês viram Plutão? O que achou da distância dele? Muito longe, não?

Se estamos tão longe, como sabemos estas medidas de distância? Alguém tem alguma ideia de como é possível saber estes valores?

Vocês acham que já se sabe estes valores há muito tempo ou não? Quanto tempo?

Até a época em que Aristóteles escreveu seus trabalhos não se tinha muitas informações sobre as distâncias dos astros à Terra. Sabia-se que a Lua estava mais próxima de nós do que o Sol, já que ela podia eclipsá-lo. Vocês sabem o que significa a Lua eclipsar o Sol?

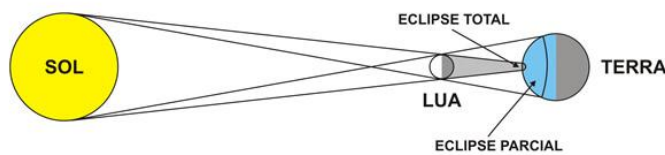


Fig. 2 - Eclipse total do Sol.¹

Para a Lua eclipsar o Sol, ela passa na frente do Sol, ocultando seu brilho. Então, para passar na frente do Sol, ela devia estar mais próxima.

Algo similar ocorria entre a Lua, os planetas e as demais estrelas. A Lua podia ocultá-los, dessa forma, passava na frente deles e, por

isso, era considerada mais próxima que eles. Mas qual era sua distância? E a dos outros astros?

Na Antiguidade, apenas as distâncias da Terra à Lua e da Terra ao Sol puderam ser estimadas. O processo de medida foi estabelecido e utilizado pela primeira vez por Aristarco de Samos.

Lembram quem foi Aristarco de Samos? Aquele que na Antiguidade já considerou que o Sol estaria no centro do universo, contrário à ideia mais aceita na época de que esta posição seria ocupada pela Terra.

Vejamos como Aristarco no século III a.C. determinou a distância da Terra ao Sol em relação a distância da Terra à Lua.

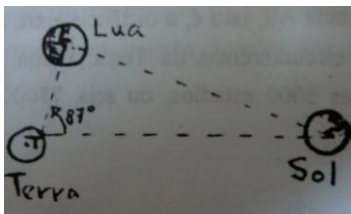


Fig. 3 – Ângulo Sol-Terra-Lua.²

Ele o fez a partir do estudo das fases da Lua.

Na fase de Lua Quarto Crescente ou Quarto Minguante exatamente a metade do disco lunar visível está iluminada. Isto permite dizer que os raios de Sol que atingem a Lua neste instante estão incidindo perpendicularmente à linha que une a Terra à Lua. Assim, o ângulo Terra-Lua-Sol é 90°. Dessa forma, Aristarco tinha um triângulo retângulo, uma vez que um dos ângulos mede 90°. Nesta situação, com a presença do Sol

e da Lua no céu, Aristarco mediu o ângulo Sol-Terra-Lua por meio da medida do ângulo entre a Lua e o Sol vistos no céu da Terra e chegou, na época, ao valor de 87°.

Analise a figura. Vocês acham que é possível encontrar uma relação entre a distância da Terra à Lua e a distância da Terra ao Sol sabendo apenas os ângulos do triângulo?

Vocês devem ter percebido que a distância entre a Terra e o Sol corresponde a hipotenusa deste triângulo. E a distância entre a Terra e a Lua é o cateto adjacente ao ângulo 87°.

Com essa metodologia, Aristarco conseguiu ter uma noção do quão distante o Sol está da Terra se comparada à distância da Lua.

$$\cos 87^\circ = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$0,052 = \frac{52}{1000} = \frac{1}{19} = \frac{\text{distância Terra-Lua}}{\text{distância Terra-Sol}}$$

Aristarco concluiu que a distância da Terra ao Sol era 19 vezes maior que a distância Terra à Lua.

Ainda que Aristarco tenha cometido uma série de erros de medida por limitações técnicas, ele desenvolveu um método de comparar distâncias, associando a figura do triângulo retângulo às posições dos astros no céu. Esse método é utilizado até hoje. Os erros no valor obtido por Aristarco não está no método, mas na dificuldade de se fazer as medidas envolvidas no cálculo, como, por exemplo, a medida do ângulo Sol-Terra-Lua. Valor obtido, como vimos, pela medida, em graus, da distância entre a Lua e o Sol vistos no céu da Terra. Pequenas variações nos valores angulares obtidos resultam em uma grande diferença na relação das distâncias. O ângulo entre Sol-Terra-Lua atual é de aproximadamente 89,86°, valor não muito diferente do 87° medido por Aristarco. Vocês acham que esse valor mudará muito o resultado? Que tal verificarem?

E, então, quanto mede a distância da Terra ao Sol se comparada a distância Terra a Lua?

Percebam que a diferença na relação entre a distância Terra-Sol em comparação à distância Terra-Lua será muito grande! Vejam se estou certa:

$$\cos 89,86^\circ = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$0,0025 = \frac{25}{10000} = \frac{1}{400} = \frac{\text{distância Terra-Lua}}{\text{distância Terra-Sol}}$$

Pelo jeito, a distância média Terra ao Sol adotada atualmente é aproximadamente 400 vezes a distância média Terra à Lua.

Olhando para o raciocínio de Aristarco de Samos, será que seria possível adotar uma ideia semelhante para medir a distância dos planetas ao Sol?

Isso foi feito por Copérnico. Ele conseguiu comparar os tamanhos das órbitas planetárias, reinterpretando dados de observações antigas e o modelo geocêntrico de Ptolomeu, utilizando cálculos envolvendo a figura do triângulo retângulo, tal como Aristarco de Samos fez para comparar a distância Terra-Sol em relação à distância Terra-Lua.

E qual foi o raciocínio utilizado por Copérnico?

Vamos ver como ele fez para calcular a distância de Vênus ao Sol.

Vênus, popularmente conhecido como estrela Dalva, é um planeta muito brilhante no céu. Muitas vezes, é possível observá-lo inclusive na claridade, juntamente com o Sol. Observando o movimento de Vênus por um longo período, é possível medir, em graus, a distância que o planeta se encontra do Sol.

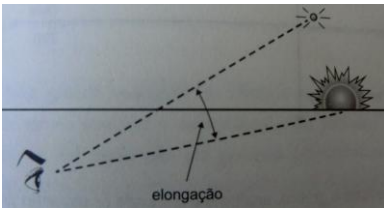
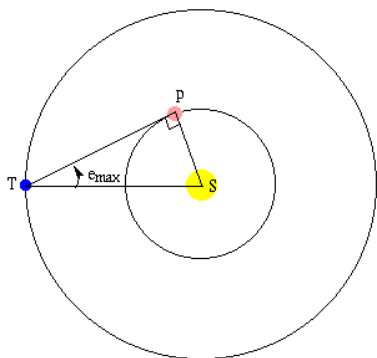


Fig. 4 – Elongação³

Veja a figura: conforme o planeta se aproxima do Sol temos um ângulo menor, se o planeta se afasta do Sol, medimos um ângulo maior. Estas medidas angulares da distância do planeta ao Sol são chamadas elongações. A máxima elongação é obtida quando o planeta está na posição mais afastada do Sol.

Copérnico percebeu que na máxima elongação, o ângulo entre Terra-Planeta-Sol é de 90°. Assim, obtêm-se um triângulo retângulo em que os vértices são, no nosso exemplo, Terra, Vênus e Sol. Veja a figura a seguir:

Fig. 5 – Elongação Sol-Terra-Vênus⁴

Observando a figura, vocês diriam que é possível utilizar o mesmo raciocínio de Aristarco de Samos, que comparou a distância Terra-Sol com a distância Terra-Lua, para comparar, neste caso, a distância Vênus-Sol com a distância Terra-Sol? Como? (Esperar eles calcularem)

Vocês devem ter percebido que a distância entre a Terra e o Sol corresponde a hipotenusa deste triângulo. E a distância entre a Vênus e Sol é o cateto oposto ao ângulo de elongação máxima. Se o ângulo de elongação máxima de Vênus é 47° , obtemos a relação entre as distâncias Vênus-Sol e Terra-Sol a partir do sen do ângulo de 47° :

$$\text{sen } 47 = \frac{\text{Distância Vênus-Sol}}{\text{Distância Terra-Sol}}$$

$$\text{Distância Vênus-Sol} = 0,7 \text{ Distância Terra-Sol}$$

$$\text{Distância Vênus-Sol} = 0,7 \text{ Distância Terra-Sol}$$

Portanto a distância Vênus-Sol é 0,7UA (0,7 Unidades Astronômicas). A unidade astronômica é uma unidade de distância que vale aproximadamente à distância média entre a Terra e o Sol.

Assim, as distâncias dos planetas foram determinadas por Copérnico, conforme ilustramos acima, por comparação à distância Terra-Sol, em unidades astronômicas, uma vez que o valor equivalente da UA ainda não era conhecido neste período.

Paralaxe

Outra forma de medir a distância dos planetas utiliza um famoso efeito chamado de paralaxe. Vocês já ouviram falar em paralaxe? Vamos conhecer?

Para entender claramente a ideia de paralaxe, vamos parar por um instante esta nossa conversa para fazer um pequeno experimento, do mesmo lugar que estamos.

Coloque seu polegar a uma pequena distância de seus olhos em posição de quem quer significar “positivo”. Sem mover sua cabeça e sem mover seu braço, olhe para seu polegar alternadamente com cada um de seus olhos. Você percebeu um deslocamento aparente de seu polegar em relação à paisagem de fundo?

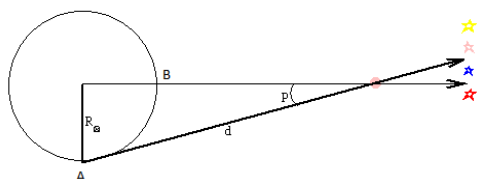
Esse deslocamento entre as duas observações é chamado paralaxe.

Vamos considerar um triângulo imaginário, cuja linha de base equivale ao raio da Terra e no vértice encontra-se o objeto a ser observado (planeta). Veja a figura a seguir. As estrelas, como estão muito distantes, podem ser consideradas fixas (quando um objeto está muito distante não é possível perceber o deslocamento de paralaxe, por isso consideramos as estrelas fixas, ou seja, sem movimento. Isso é útil, pois será possível perceber o movimento por paralaxe dos objetos mais próximos se comparados ao fundo – as estrelas). Ao observar o planeta a partir de diferentes pontos da Terra se perceberá um deslocamento aparente da posição do planeta com relação às estrelas de fundo, então se observa a paralaxe. Neste caso, as observações são feitas de posições ortogonais entre si (formando um ângulo de 90°). Outra possibilidade é fazer a observação de um mesmo ponto na Terra, mas fazer a mesma observação após 6 horas ($1/4$ de 24h), para garantir o ângulo de 90° .

(Mostrar o globo terrestre e possíveis observações ortogonais)

Medindo-se o ângulo “p” vocês acham que é possível determinar a distância “d” que o planeta está da Terra? O raio da Terra, nesta época, há muito tempo já era conhecido.

Da mesma maneira, temos novamente um triângulo retângulo. Dessa forma, é possível obter a distância do planeta à Terra:



$$\text{Sen } p = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{Hipotenusa}} = \frac{\text{Raio da Terra}}{d}$$

$$d = \frac{\text{Raio da Terra}}{\text{sen } p}$$

Fig. 6– Paralaxe geocêntrica⁵

No entanto quanto mais distante está um planeta, mais difícil se torna obter estas medidas porque o deslocamento do corpo celeste observado em relação à paisagem de fundo é cada vez menor. Vamos ver isso na prática.

Coloque o polegar em posição de quem quer significar “positivo” mais uma vez em frente de seus olhos. Sem mover sua cabeça e sem mover seu braço, olhe para seu polegar alternadamente com cada um de seus olhos e compare o deslocamento obtido com este procedimento com o aquele observado ao se realizar a mesma experiência mantendo seu braço estendido. Você percebeu que o deslocamento diminuiu?

Agora façam o mesmo olhando para o meu polegar. Compare o deslocamento de meu dedo com a paisagem de fundo. Vocês perceberam que quanto mais distante o objeto menor a paralaxe?

Portanto, quanto mais distante um planeta está da Terra, mais difícil se torna medir o ângulo da paralaxe e obter a distância que este está de nós.

Com a invenção do radar, a distância entre a Terra e os planetas pôde ser determinada com considerável precisão. Emitem-se ondas eletromagnéticas em direção ao planeta. A detecção das ondas refletidas aliada a medida do tempo que leva para o feixe de radar, viajando a velocidade da luz, ir até o objeto e voltar, permite obter as medidas de distância Terra-planeta a partir de uma equação já conhecida de vocês, aquela que envolve o cálculo de distância, tempo ou velocidade de corpos em movimento retilíneo uniforme:

$$S (\text{ida} + \text{volta}) = (v (\text{velocidade da luz}) \times t (\text{ida} + \text{volta}))$$

Para saber a distância da Terra ao planeta, basta dividir S por dois, uma vez que no cálculo, estamos contando ida e volta.

Vocês já devem ter notado que os valores envolvidos nestas distâncias são muito grandes e as formas de calculá-los também são diversas. Quanto mais distante, mais difícil é realizar a medida. Daí, não apenas a tecnologia, mas a ciência também precisa se desenvolver para propor novas formas de fazer a medida, tentando diminuir ao máximo o erro dela.

Mas, vocês lembram o porquê começamos a estudar sobre estas questões?

Uma questão que havia surgido era sobre o motivo do homem não ter ido até hoje a Plutão, uma vez que houve tanto avanço após a ida do homem a Lua. Vocês perceberam que a Lua é, na verdade, o astro mais próximo de nós? Quantas vezes Plutão é mais distante de nós que a Lua?

Além desta questão que surgiu nas aulas sobre o caso Plutão, vocês lembram quais eram as controvérsias relacionadas as medidas de Plutão?

Era porque ele era menor do que achavam inicialmente, não é isso?

Por que vocês acham que a medida de Plutão variou ao longo do tempo?

Bibliografia

CANIATO, R.(Re)descobrimdo o céu. São Paulo: Editora Átomo, 2010.
 _____. O céu. São Paulo: Editora Átomo, 2011.

MARTINS, R. Introdução Geral ao Commentariolus de Nicolau Copérnico. In: COPÉRNICO, N. **Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes**/ Introdução, tradução e notas de Roberto de Andrade Martins – São Paulo: Livraria da Física Editora, 1990.
OLIVEIRA FILHO, K., SARAIVA, M. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, 2003.
ZANETIC, J. **FEP 156 Gravitação/Notas de aula para 1995**. São Paulo: IFUSP, 1995.

Créditos das imagens

¹ OLIVEIRA, P. Eclipses do Sol e da Lua: Informações básicas. **Astronomia e Astrofísica**, número 21, 2006. Disponível em: <<http://www.uranomemianova.pro.br/astrofísica/AA006/eclipses.htm>.> Acesso em: 25 abril, 2012.

² ZANETIC, J. **FEP 156 Gravitação/Notas de aula para 1995**. São Paulo: IFUSP, 1995.

³ CANIATO, R. **O céu**. São Paulo: Editora Átomo, 2011.

⁴ OLIVEIRA FILHO, K., SARAIVA, M. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, 2003. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/p1/node4.htm>> Acesso em: 27 abril, 2012.

⁵ OLIVEIRA FILHO, K., SARAIVA, M. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, 2003. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/dist/dist.htm>> Acesso em: 27 abril, 2012.

Determinação do diâmetro dos planetas

Vocês lembram qual é o problema principal que estamos tentando entender nas aulas de Astronomia?

Vocês lembram quais são as controvérsias sobre o caso Plutão?

Isso, algumas das divergências estão relacionadas às medidas do diâmetro de Plutão.

Vocês acham que conhecer a distância tem alguma influência para se conhecer o diâmetro dos planetas?

Você já deve ter notado que o tamanho de um objeto aparentemente diminui quando você se afasta dele. Quando você viaja de avião, por exemplo, você percebe que quanto mais o avião se afasta do aeroporto, menor fica a cidade lá embaixo. Ou quando você está de carro e se afasta de uma árvore, quanto mais você se afasta, menor fica a árvore. Mas, qual é a relação deste fenômeno com a observação dos planetas?

Quanto mais distante está o planeta da Terra, menor este parece ser para nós. E quanto menor o planeta, ainda mais difícil será sua observação.

Uma forma de medir o diâmetro dos planetas mais próximos é através de medidas angulares. Como vocês imaginam que estas medidas são feitas?

Para entender, vamos analisar a figura apresentada a seguir de um planeta visto da Terra. Para simplificar os cálculos vamos considerar que a órbita do planeta observado é circular.

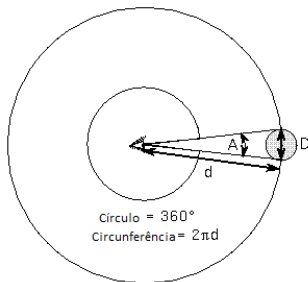


Fig. 7 – Diâmetro angular⁶

Um círculo completo tem quantos graus? (360°)

Concordam que se eu medir o ângulo \hat{A} , que corresponde ao diâmetro do planeta observado, este ângulo é uma parcela dos 360° que formam a circunferência completa? Então, podemos dizer que \hat{A} está para 360° certo?

$$\hat{A} - 360^\circ$$

Vocês também concordam que o diâmetro D do planeta é uma parcela do comprimento da circunferência que representa a trajetória do planeta? Então podemos dizer que, assim como \hat{A} está para 360° , D está para o comprimento da circunferência, certo?

$$\hat{A} - 360^\circ$$

D – Comprimento da circunferência

Como eu calculo o perímetro de uma circunferência, vocês sabem? ($2\pi r$)

Neste caso, o raio da circunferência corresponde a distância do planeta a Terra, certo? E esta distância nós podemos medir. Vocês lembram como? (Elongação ou Paralaxe)

Assim, sabendo estes dados, como podemos calcular o diâmetro do planeta?

Por regra de três:

$$\hat{A} - 360^\circ$$

D – Comprimento da circunferência

$$\hat{A} - 360^\circ$$

$$D - 2\pi d$$

$$360^\circ D = \hat{A} \times 2\pi d$$

$$D = \frac{\hat{A} \times 2\pi d}{360^\circ}$$

Para o Sol e a Lua, esta forma de medir o diâmetro é direta. No caso de planetas, os observamos apenas pontos de luz. Como vocês acham que é possível observar o planeta, como na figura, em forma de um disco, para medir o tamanho angular?

Para fazer estas medidas de diâmetro, eu preciso de instrumentos de observação, como os telescópios, que aproximam os planetas de nossa visão. Como esta aproximação é conhecida, depois eu a compenso nos cálculos realizados.

Para entender melhor como são feitas estas medidas, vamos fazer uma experiência?

Em grupo, vamos medir o tamanho do globo (que simula um planeta) colocado no meio da sala. Para isso, vocês receberão um transferidor e uma fita métrica.

Mãos a obra!

$$\text{Teste: } d = 278 \text{ cm, } \hat{A} = 4,5^\circ \rightarrow D = \frac{\hat{A} \times 2\pi d}{360^\circ} \rightarrow D = \frac{4,5 * 2\pi 278}{360^\circ} = D = 22 \text{ cm}$$

O diâmetro do globo é de aproximadamente 8 cm. Meus cálculos me proporcionaram um valor quase 3x maior do que o real. Cada grupo de alunos poderá comparar a diferença dos valores obtidos com o “real”. Isso acontece porque qualquer erro na medida do ângulo resulta em grandes diferenças na medida do diâmetro. Isso nos ajuda a entender porque os valores do diâmetro de Plutão, por exemplo, variou tanto ao longo dos anos. Apesar dos cálculos envolvidos serem simples, os valores utilizados nestes cálculos são difíceis de medir. Ainda mais difícil para o astro Plutão, um corpo celeste tão pequeno e tão distante da Terra.

Imaginem o erro de medida que teríamos se ao invés de colocar o globo na lousa eu pedisse para vocês calcularem o diâmetro da ponta de uma caneta. Seria bem mais difícil e a probabilidade de erro muito maior, não? Podemos dizer, nesta analogia, que medir o diâmetro de Plutão equivale a medir o tamanho da ponta da caneta.

Plutão é tão pequeno e está tão distante que, em contraste com todos os demais planetas, nenhum telescópio conseguia, na época da descoberta de Plutão, aproximar sua imagem o suficiente para que esta não fosse apenas um ponto de luz, mas se mostrasse na forma de um disco.

Então, na época, não era possível medir Plutão pelo método angular, assim se estimou o tamanho de Plutão, tanto de diâmetro quanto de massa, pelo seu brilho, combinado com hipóteses sobre sua composição.

Como vocês acham que isso é feito?

Estas são cenas do próximo capítulo que acontecem na próxima aula.

Bibliografia e crédito da imagem

⁶ STROBEL, N. **Determining Planet Properties.** Astronomy Notes. Disponível em: <<http://www.astronomynotes.com/solarsys/s2.htm>>. Acesso em: 28 abril, 2012.

Determinação do diâmetro e massa de Plutão

Vocês conhecem alguma forma de medir o diâmetro dos planetas?

Como vimos na aula passada, uma forma é medindo o tamanho angular do planeta.

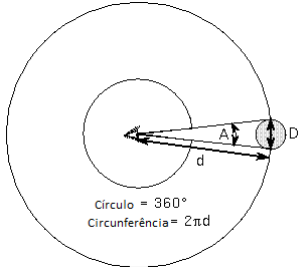


Fig. 7 – Diâmetro angular⁶

Eu observo o planeta (ver figura), conheço a que distância o planeta está de nós, meço a ângulo \hat{A} e obtenho a medida do diâmetro por regra de três:

$$\hat{A} - 360^\circ$$

$$D - 2\pi d$$

Certo? Lembraram?

Na época da descoberta de Plutão foi possível medir seu tamanho através desse método?

Não. Como Plutão é muito pequeno e está muito distante, nenhum telescópio conseguia, na época da descoberta de Plutão, aproximar sua imagem o suficiente para que esta não fosse visto apenas um ponto de luz, mas se mostrasse na forma de um disco, imagem que permite medir o tamanho angular do planeta.

Então, na época, se estimou o tamanho de Plutão, tanto de diâmetro quanto de massa, pelo seu brilho, combinado com hipóteses sobre sua composição.

Como vocês acham que isso é feito?

Vamos ver!

Um objeto grande e que reflete bastante luz irá refletir mais luz do que um objeto pequeno feito do mesmo material. No entanto, um grande objeto feito de um material que reflete pouca luz pode refletir a mesma quantidade de luz que um corpo pequeno que reflete bastante luz.

Se um corpo celeste é tão pequeno que seu tamanho não pode ser medido pelo método angular, como era o caso de Plutão, os astrônomos/cientistas podem medir a quantidade de luz recebida deste objeto, inferir a composição do corpo celeste e o quanto sua superfície reflete de luz e daí estimar o seu tamanho.

Utilizando medidas do brilho de Plutão e hipóteses sobre sua composição (se é feito de rocha? Se é feito de rocha e gelo?) e o quanto sua superfície reflete luz, astrônomos estimaram o tamanho físico de Plutão. Como este método de medida é baseado em hipóteses (sobre a refletividade da superfície do corpo celeste e sobre sua composição interna), ainda que hipóteses fundamentas por estudos de outros corpos celestes já conhecidos, os astrônomos obtiveram diferentes valores para o diâmetro e massa de Plutão.

Em 1978, com a descoberta de Caronte, a maior lua de Plutão, foi possível obter dados mais precisos sobre suas dimensões. Uma vez que a existência de uma Lua para Plutão permitiria outra metodologia de medida de diâmetro para Plutão. Esse método é chamado de *Ocultação*. Esse nome lembra o que?

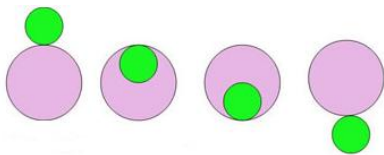


Fig. 8 – Ocultação⁷

Isso mesmo, ocorre uma ocultação quando um corpo celeste passa na frente de outro, bloqueando ou ocultando a luz deste de nossa visão. Conhecendo-se a velocidade do objeto em movimento, obtêm-se seu diâmetro medindo-se o intervalo de tempo do início da ocultação até que ele fique totalmente na frente do outro. Percebe-se o início e final da ocultação observando a variação da quantidade de luz recebida na

Terra dos corpos celestes envolvidos.

O diâmetro corresponde a distância percorrida no intervalo de tempo medido:

$$\text{Diâmetro} = \text{velocidade do corpo em movimento} \times \text{tempo da ocultação}$$

Para entender melhor, vamos fazer uma simulação e observar o fenômeno: uma lanterna irá representar a luz do objeto ocultado e uma esfera de isopor, o corpo celeste em movimento. (Fazer atividade)

Ao se medir o diâmetro de Plutão pelo estudo do movimento de Caronte se teve a percepção de que Plutão seria maior que asteroides, mas menor que a Lua.

A descoberta de Caronte propiciou novas medidas tanto de diâmetro quanto da massa de Plutão. Vocês lembram como as primeiras medidas de massa de Plutão foram feitas?

As primeiras estimativas da massa foram feitas quando ainda nem mesmo tínhamos observado o planeta.

Vocês lembram como Netuno e Plutão foram descobertos?

Ao se descobrir Urano, inicia-se muitos estudos para prever a trajetória deste planeta. Para isso, há tempos, já se utilizava a teoria da Gravitação Universal elaborada por Newton para estudar o movimento dos corpos celestes.

Vocês se lembram desta teoria?

A Lei da Gravitação Universal afirma que quaisquer dois corpos atraem um ao outro com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles e pode ser expressa matematicamente da seguinte maneira:

$F_g = \frac{G.M.m}{d^2}$	<p>Em que M é a massa de um corpo, m é a massa do outro corpo, d a distância entre os corpos, medidas a partir de seus centros, e G é uma constante que vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.</p>
---------------------------	---

Dessa forma, já se sabia que as trajetórias dos corpos celestes são influenciadas por forças de atração existentes entre eles e os corpos ao seu redor. Assim, considerando as forças de atração entre Urano e os corpos em seu entorno, foram feitas previsões de sua trajetória. Contudo, uma série de irregularidades foi observada em sua órbita, quando comparada às previsões teóricas baseadas na teoria gravitacional de Newton. E isto levou os matemáticos, físicos e astrônomos a acreditar que a diferença entre a posição observada e a prevista ocorria porque não se levava em consideração, nos cálculos teóricos, uma possível perturbação gravitacional na órbita de Urano causada pela existência de um eventual candidato a planeta. Muitos astrônomos, então, realizaram novas previsões considerando a existência e possível localização deste novo astro. Faziam-se estimativas de tamanho, massa e posição do possível novo planeta, se considerava estes valores no cálculo de previsão da posição do planeta estudado e se confrontava a posição prevista com a observada. Quando a previsão da trajetória do planeta conhecido corresponde com sua observação, se tem estimativas de tamanho, massa e posição do novo planeta. Assim, a partir das perturbações gravitacionais da órbita de Urano se descobriu Netuno. Uma história muito similar ocorreu na descoberta de Plutão, a partir do estudo da trajetória de Netuno se descobriu Plutão.

Vocês perceberam que antes de observarem Netuno e Plutão já se previam as suas existências? (espera...)

Mais que isso, já se sabia até mesmo quais seriam as suas massas!

Também, é interessante perceber que, tanto para se descobrir novos planetas no céu além daqueles já conhecidos e observados a olho nu, como para se estimar os primeiros valores de suas massas, mais do que avanços tecnológicos, foi preciso um desenvolvimento da própria ciência, das explicações dadas pelos cientistas sobre o movimento dos corpos celestes. Só depois de Newton e da elaboração da teoria da Gravitação Universal é que estas descobertas foram possíveis. Aqui se percebe a importância da teoria, das explicações sobre os fenômenos elaboradas pelos cientistas, para se realizar novas descobertas e se compreender melhor a natureza.

Retomando a discussão sobre as medidas da massa dos planetas, como pudemos perceber, antes mesmo da observação de Plutão, já se tinham estimativas do valor de sua massa. Após sua localização no céu, através do estudo de seu brilho, já se percebeu que ele era menor e menos massivo do que o previsto

anteriormente. Na época, vários astrônomos mediram sua massa e encontraram valores bastante diferentes, mas de qualquer forma, se sabia que a massa de Plutão seria menor do que o previsto na época de sua descoberta.

E com a descoberta de Caronte, a maior lua de Plutão, percebe-se que a massa e o diâmetro de Plutão seriam ainda menores! E muito menores! Baseando-se no brilho de Caronte se estimou que ela teria em torno de 1/10 da massa de Plutão e 1/3 ou 2/3 do seu tamanho. Enquanto as luas dos demais planetas possuem um diâmetro que corresponde a menos de 1% do valor do diâmetro do planeta, Caronte tinha 50% do diâmetro de Plutão. Para comparar, enquanto cabem em torno de 50 Luas no volume da Terra, cabem 8 Carontes em Plutão.

Caronte é uma lua muito grande! Sua dimensão, antes tida como parte de Plutão, uma vez que ainda não se sabia da sua existência, agora deve ser separada de Plutão. Dessa forma, os valores do diâmetro e massa de Plutão tornaram-se ainda menores (com a dedução dos valores de Caronte). Conforme comentamos, se teve a percepção de que Plutão seria maior do que asteroides, mas menor até mesmo que a nossa Lua.

Considerando as novas informações (de diâmetro e massa) sobre Plutão, em 1999, teria ocorrido uma primeira tentativa de mudar o status de planeta para Plutão, sem sucesso, pois na época, julgaram que tal decisão não prejudicava ninguém e evitava confusão entre os estudantes e professores de todo mundo.

No entanto, desde 1992, um número cada vez maior de corpos celestes foi localizado na região após o planeta Netuno, região conhecida como Kuiper Belt, com órbitas muito similares a de Plutão.

Em 2005, Éris foi localizado, um KBO (objeto da região do Kuiper Belt). Na época, considerava-se que ele tinha um diâmetro maior do que o de Plutão, elemento que acalorou as discussões.

E em 2006 a União Astronômica Internacional (IAU, sigla em inglês) decidiu por alterar a classificação de Plutão.

Plutão agora é classificado como planeta anão.

Questão para os alunos responderem:

- 1) Será que podemos confiar nas medidas de diâmetro e massa encontradas para Éris? Justifique.

Bibliografia

NWC Pluto & Charon Diameters Lab. Disponível em:

<http://cde.nwc.edu/SCI2108/forms/NWC/NWC_Pluto_Diameter/NWC_pluto_diameter.htm> Acesso em: 28 abril, 2012.

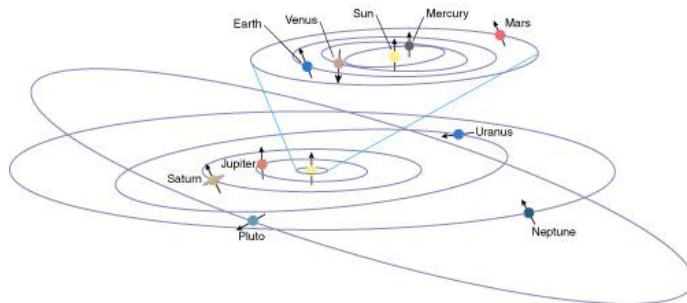
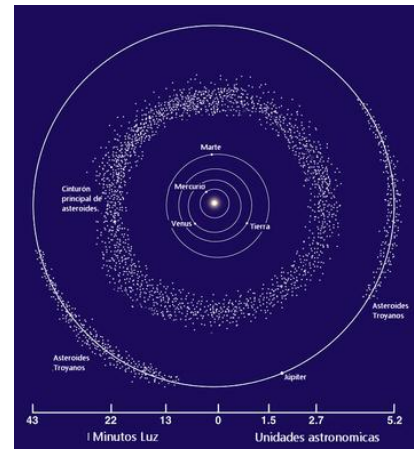
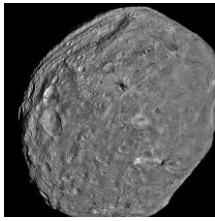
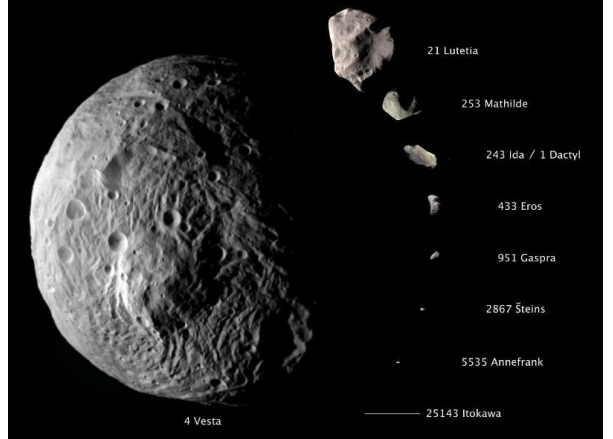
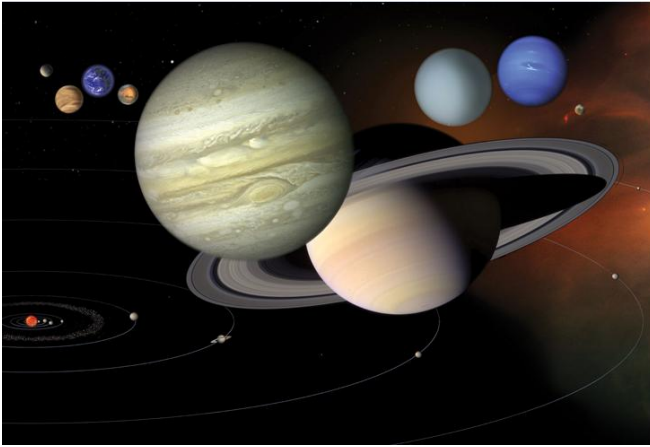
STERN, A.; MITTON, J. **Pluto and Charon: Ice Worlds on the Ragged Edge of the Solar System**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, INC, 1998.

WEINTRAUB, D. **Is Pluto a planet?: a historical journey through the solar system**. Estados Unidos: Princeton University Press, 2007.

Créditos das imagens

⁶STROBEL, N. **Determining Planet Properties**. Astronomy Notes. Disponível em: <<http://www.astronomynotes.com/solarsys/s2.htm>>. Acesso em: 28 abril, 2012.

⁷NWC Pluto & Charon Diameters Lab. Disponível em: <http://cde.nwc.edu/SCI2108/forms/NWC/NWC_Pluto_Diameter/NWC_pluto_diameter.htm> Acesso em: 28 abril, 2012



TRABALHO EM GRUPO

Nome: _____ n^o _____ 3^o ano _____

Nome: _____ n^o _____

Nome: _____ n^o _____

Nome: _____ n^o _____

QUESTÕES

1) Classifique os corpos celestes descritos na Tabela 01 em planeta, asteroide, cometa ou planeta anão. Em seguida, apresente os critérios de seleção na Tabela 02.

Tabela 01 - Características dos corpos celestes				
Corpos celestes	Massa (kg)	Diâmetro (km)	Inclinação da órbita à eclíptica (°)	Composição Química
A	6×10^{24}	12.756	0	Núcleo de metal e superfície rochosa
B	3×10^{17}	510	7	Superfície de rocha basáltica – lava congelada
C	3×10^{23}	4879	7	Núcleo de metal e superfície rochosa
D	Entre 10^{10} e 10^{16}	11	162	Uma pedra de rocha e gelo
E	2×10^{27}	142.984	1	A atmosfera gasosa é seguida por hidrogênio líquido, hidrogênio metálico líquido e núcleo rochoso
F	Entre 10^{10} e 10^{16}	6	14	Uma pedra de rocha e gelo
G	1×10^{22}	2302	17	Mistura de rochas e gelo.
H	9×10^{17}	950	10	Apresenta material mais denso no centro e minerais mais leves perto da superfície. Acredita-se que contém grande quantidade de gelo.
I	?	2500	47	Composto de uma mistura sólida de gelo e rocha

Tabela 02 – Classificação do Grupo		
Categorias	Corpos celestes	Critérios de classificação
Asteroide		
Cometa		
Planeta		
Planeta Anão		

2) Houve dificuldades para completar a tabela 2? Se sim, quais? (Use o verso se necessário)

Classificação dos corpos celestes

Vamos lembrar quais são as principais questões de nossas discussões até o momento?

(Esperar e tentar fazer o próprio aluno construir um argumento completo...)

E por que há controvérsias, divergências sobre a classificação de Plutão como planeta anão?

(Um dos fatores está relacionado às variações das medidas do diâmetro e da massa de Plutão)

Por que vocês consideram que estas medidas variaram? (responder por escrito)

(Além do desenvolvimento da tecnologia, a própria ciência se desenvolveu. E com mais conhecimento sobre o céu, foi possível propor novos métodos de medição e se obter melhores medidas sobre as dimensões dos planetas.)

Por que as medidas do diâmetro e massa de um corpo celeste são importantes na discussão que estamos fazendo?

Por que essas medidas podem interferir nas classificações.

O que existe no Sistema Solar?

<i>Planetas</i>	<i>Sol/estrela</i>	<i>Luas/satélite</i>	
<i>Cometas</i>	<i>Asteroides</i>	<i>Planeta anão</i>	<i>Meteoroide/Meteoro/Meteorito</i>

Vocês sabem o que diferencia cada um destes objetos? Qual a diferença entre o Sol e os demais corpos celestes, por exemplo?

O Sol, é uma estrela, lembra? Então, possui luz própria, diferente dos demais corpos do Sistema Solar.

A gente tem falado bastante em planeta, não é? Vocês já ouviram falar em asteróide? Qual seria a diferença entre planeta e asteroide?

Fechamento da discussão: Ambos se movimentam em torno do Sol e tanto os planetas quanto os asteroides podem ser localizados por se perceber seu movimento em relação às estrelas fixas. O que os diferencia, então?

Esta discussão que temos travado aqui sobre os tamanhos está diretamente relacionada a uma das diferenças entre estes dois corpos celestes. Qual deles vocês acham que é maior?

Isso mesmo! Os planetas são maiores que os asteroides.

Mostrar foto do cinturão de asteroides.

Que outra diferença vocês acham que existe entre planetas e asteroides?

Vou mostrar algumas fotos para vocês desses dois tipos de corpos.

E agora, vocês encontraram mais alguma diferença?

Vocês perceberam que a forma arredondada está mais presente nos planetas?

Para um corpo celeste ter a forma redonda há um equilíbrio entre suas forças internas, que exerce pressão para expandir o corpo e a força de gravidade, que atrai a massa para o centro do corpo. A força gravitacional é proporcional à massa. Quanto maior a massa, maior a possibilidade de atingir o equilíbrio entre as forças internas e gravitacionais que resulta na forma arredondada do corpo celeste. Portanto, há uma relação entre o tamanho e a forma do corpo celeste.

Algumas das diferenças entre os planetas e asteroides, portanto, estão relacionadas ao diâmetro e a forma. Os planetas são maiores que os asteroides e possuem forma arredondada. Apesar de alguns asteroides também possuir forma arredondada, estes possuem um diâmetro consideravelmente menor que os planetas.

E as luas, como as diferenciamos dos planetas?

Será que é tamanho? A forma? O que será que diferencia uma lua de um planeta?

Vocês sabem que a Lua gira em torno da Terra? Será que é essa a diferença?

O eixo do movimento de translação dos planetas, por exemplo, é uma estrela e das luas, um planeta. E assim por diante... Há algumas características de alguns corpos celestes que os diferenciam de outros. Para pensar um pouco mais nisso vamos fazer uma atividade.

Vou entregar uma tabela para vocês contendo algumas características de corpos celestes pertencentes ao Sistema Solar.

Vocês não saberão os nomes, mas deverão classificá-los como asteroide, cometa, planeta ou planeta anão. Para isso, será preciso que vocês, em grupo de 4 ou 5 alunos, cheguem a um acordo sobre um possível critério de classificação destes corpos.

Vejam a tabela. Alguma dúvida?

Tabela 01 - Características dos corpos celestes⁸				
Corpos celestes	Massa (kg)	Diâmetro (km)	Inclinação da órbita à eclíptica (°)	Composição química
A - Terra	6×10^{24}	12.756	0	Núcleo de metal e superfície rochosa
B - Vesta	3×10^{17}	510	7	Superfície de rocha basáltica – lava congelada
C- Mercúrio	3×10^{23}	4879	7	Núcleo de metal e superfície rochosa
D – Cometa Halley	Entre 10^{10} e 10^{16}	11	162	Uma pedra de rocha e gelo
E - Júpiter	2×10^{27}	142.984	1	A atmosfera gasosa é seguida por hidrogênio líquido, hidrogênio metálico líquido e núcleo rochoso
F-Kohoutek	Entre 10^{10} e 10^{16}	6	14	Uma pedra de rocha e gelo
G-Plutão	1×10^{22}	2302	17	Mistura de rochas e gelo.
H-Ceres	9×10^{17}	950	10	Apresenta material mais denso no centro e minerais mais leves perto da superfície. Acredita-se que contém grande quantidade de gelo.
I -Eris	?	2500	47	Composto de uma mistura sólida de gelo e rocha

Cada grupo apresenta rapidamente a sua classificação e as suas justificativas.

E então, o que vocês acharam do exercício? Fácil?

Construir classificações não é simples. Contudo, as classificações são muito importantes. Se você diz, por exemplo, que aquele corpo celeste é um cometa, você já informa, ao dizer a categoria da qual ele faz parte, informações sobre ele.

Ao dizer que um corpo celeste é um cometa, você já diz que se trata de uma pedra de rocha e gelo que, à medida que se aproxima do Sol, vai se aquecendo até que parte do material congelado se transforma em gasoso e forma uma coma (cabeleira) ao redor do núcleo. E que quanto mais se aproxima do Sol, sua cabeleira aumenta formando uma ou mais caladas. Não se sabe informações mais específicas, como, por exemplo, informações sobre sua órbita, mas ao se dizer “cometa”, já se sabe características gerais sobre aquele corpo celeste.

É o mesmo que dizer que um animal é um mamífero. Não sei características específicas sobre o animal, mas já sei, por exemplo, que faz parte de um grupo de animais em que as fêmeas possuem glândulas mamárias que produzem leite para a alimentação dos filhotes recém-nascidos.

Trata-se de classificações que nos ajudam a organizar nosso conhecimento sobre a natureza.

E para construir as categorias, é preciso delimitar quais propriedades dos objetos serão consideradas. Quais propriedades representam melhor aquele conjunto de objetos? Será que um critério de classificação é melhor que outro?

Talvez um critério seja melhor do que outro dependendo do que se quer com aquela classificação. Os planetas, por exemplo, podem ser classificados pela posição em relação à Terra (inferiores – planetas com órbitas menores que a órbita da Terra e superiores- planetas com órbitas maiores que a órbita da Terra) ou pela composição (rochosos ou gasosos).

A finalidade da classificação pode ser um fator que determina a escolha dos critérios para a classificação.

Mas agora vamos conhecer quem são os objetos da tabela. (Resultado)

Se olharmos para a massa, daria para agrupar, Terra, Mercúrio, Júpiter e Plutão, concordam? (Todos com massa entre 10^{22} - 10^{27} kg).

No entanto, se olharmos para o diâmetro, os valores divergem muito. Júpiter tem em torno de 142.000 km de diâmetro, Terra 12.000, Mercúrio 5.000 e Plutão, menor ainda, em torno de 2.300 km, próximo do diâmetro de Ceres, o maior dos asteroides. Então, se eu olho para o diâmetro, eu já não classificaria Plutão com os planetas, mas junto com Ceres. O que acham?

E a inclinação dos corpos celestes em relação à eclíptica? A inclinação de Mercúrio é de 7° e de Júpiter $1,3^\circ$. Agora, vejam Plutão. Quanto? 17° . Vocês perceberam o quanto a órbita de Plutão é inclinada em relação à órbita da Terra e dos demais planetas? Este é mais um dos fatores que pesa contra a classificação de Plutão como planeta.

Vocês também perceberam que a composição química de Plutão é muito semelhante à dos cometas?

Esta é uma das controvérsias sobre Plutão. Olhando sua composição, ele poderia ser classificado como um cometa, não?

Vocês perceberam que a classificação dos corpos celestes pode variar conforme a característica que considero na seleção? Para se fazer classificações dos corpos celestes, se analisam mais de uma de suas propriedades.

→ Para responder por escrito: Diante de tudo que vimos até o momento nas aulas, como você se posiciona sobre o caso Plutão? Em sua justificativa procure elencar os argumentos que o fazem pensar em que categoria Plutão deveria ser classificado.

Bibliografia

- ALMEIDA, A. **Estrutura e formação do sistema solar**. São Paulo: IAG-USP, 2002.
- ALMEIDA, A. **Planetas e sistemas planetários**. São Paulo: IAG-USP, 2010.
- BRETONES, P. **Os segredos do sistema solar**. São Paulo: Atual, 2009.
- DE PATER, I.; LISSAUER, J. **Planetary sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- FRIAÇA, A.; PINO, E.; SODRÉ JR, L.; JATENCO-PEREIRA, V. **Astronomia: uma visão geral do universo**. São Paulo: EDUSP, 2 ed., 2008.
- GREICIUS, T. Dawn: Journey to the Asteroid Belt. NASA, 2011. Disponível em: <http://www.nasa.gov/mission_pages/dawn/ceresvesta/index.html> Acesso em: 19 ago, 2011.
- HARVEY, S. **Solar system exploration**. NASA, 2011. Disponível em: <http://solarsystem.jpl.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Asteroids>. Acesso em: 19 ago, 2011.
- KNELLER, G. **A ciência como atividade humana**. São Paulo: Ed. USP, 1980.
- OLIVEIRA FILHO, K.; SARAIVA, M. **Astronomia e astrofísica**. UFRS, 2011. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/index.html>. Acesso em: 10 ago, 2011.
- THE STARCHILD TEAM. **The Asteroid Belt**. NASA. Disponível em: http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level2/asteroids.html. Acesso em: 19 ago, 2011.
- YEOMANS, D. **Comets**. NASA, 1996. Disponível em: <http://ssd.jpl.nasa.gov/?comets#radar>. Acesso em: 19 ago, 2011.

⁸ A coluna Composição química da tabela foi construída a partir da articulação das referências mencionadas acima. Os demais dados foram obtidos das seguintes bibliografias:

SANALLE, J. **Oficina de Astronomia**. Instituto de Física – UERJ, p. 106 – 107.

SOLAR System Dynamics. NASA, 2008. Disponível em: < http://ssd.jpl.nasa.gov/?planet_phys_par> Acesso em: 28 abril, 2012.

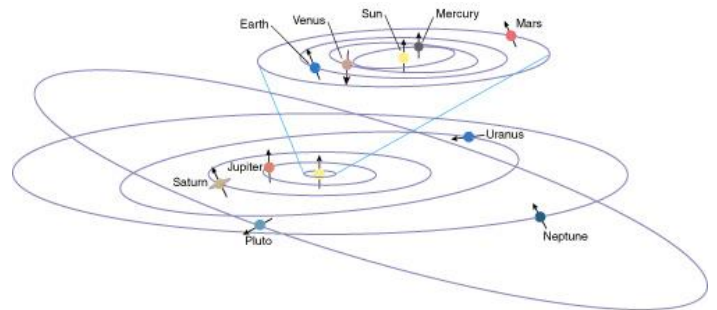
WILLIAMS, D. Asteroid Fact Sheet. NASA, 2004. Disponível em: < <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/asteroidfact.html>> Acesso em: 28 abril, 2012.

Características dos corpos celestes

A seguir apresentamos um esquema contendo informações estudadas ao longo das últimas aulas. Analise-as e elabore critérios para definir o que é um planeta. Ao elaborar uma proposta de critérios, não se esqueça de verificar o enquadramento de Plutão. Justifique.

Dimensões de alguns corpos celestes			
Corpos Celestes	Massa (kg)	Diâmetro Médio (km)	Inclinação da órbita à eclíptica (°)
Mercúrio	3×10^{23}	4.900	7
Vênus	5×10^{24}	12.100	3,4
Terra	6×10^{24}	12.800	0
Lua	7×10^{22}	3.475	5,2
Marte	6×10^{23}	6.800	1,8
Ceres	9×10^{17}	950	10
Júpiter	2×10^{27}	140.000	1,3
Saturno	6×10^{26}	116.500	2,5
Urano	9×10^{25}	50.700	0,8
Netuno	1×10^{26}	49.200	1,8
Plutão	1×10^{22}	2.300	17,2
Éris	?	2.500	47

Os valores da tabela são aproximações das medidas apresentadas no site da Nasa (nov. 2011).



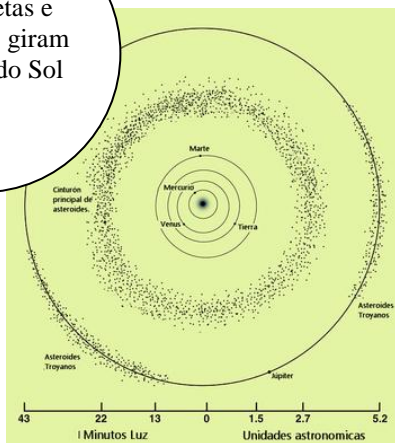
Inclinação das órbitas de alguns corpos celestes

Os planetas têm massa suficiente para que sua auto-gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que ele assume uma forma aproximadamente redonda.

Plutão, Ceres e Éris são aproximadamente redondos.

A maioria dos asteroides apresenta forma irregular.

Os planetas e asteroides giram ao redor do Sol



Todos os planetas possuem luas com exceção de Mercúrio e Vênus.

Aproximadamente 10% dos asteroides têm satélites.

Plutão possui três luas: Caronte, Nix e Hidra.

As luas dos planetas possuem um diâmetro que corresponde a menos de 1% do valor do diâmetro do planeta.

A maior lua de Plutão, Caronte, tem 50% do diâmetro de Plutão.

Plutão foi descoberto em 1930.

Estudantes do mundo todo aprenderam por décadas que Plutão era o nono planeta do Sistema Solar.

Com a mudança da classificação de Plutão houve a necessidade de atualizar os livros didáticos que o apresentavam como planeta.

Entre os critérios estipulados pela União Astronômica Internacional para definir planeta há a proposição de que planetas são corpos celestes que têm limpa a sua vizinhança ao longo de sua órbita.

Alan Stern, pesquisador que chefia a missão New Horizons da NASA com destino a Plutão, apresentou uma série de críticas em relação a esse critério. Ele diz que apenas quatro dos oito planetas mencionados na definição da UAI na realidade se encaixam nos critérios da definição - a Terra, Marte, Júpiter e Netuno, não. Isto porque eles têm seus arredores orbitais cheios de milhares de asteroides.

Uma segunda interpretação para o que significa “limpar a vizinhança” – o termo usado no critério da IAU, é que ter limpo sua vizinhança não significa que não possam existir outros objetos na região, mas que o planeta é gravitacionalmente dominante e que não existem outros corpos comparáveis em tamanho.

Júpiter tem vários asteroides em sua órbita, mas de pequena massa quando comparado ao seu tamanho.

Plutão compartilha sua órbita com objetos comparáveis a ele, em uma região chamada cinturão de Kuiper.

TRABALHO EM GRUPO

Nome: _____ n^o _____ 3^o ano _____

Nome: _____ n^o _____

Nome: _____ n^o _____

Nome: _____ n^o _____

O QUE É UM PLANETA?	
CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS

2) Plutão se enquadra na categoria de planeta segundo os critérios estabelecidos pelo grupo? Por quê?

Definição de planeta

Nós temos estudado, há algumas aulas, questões que nos ajudam a pensar a classificação de alguns corpos celestes pertencentes ao Sistema Solar.

Mas afinal, por que as classificações são importantes?

(Espera – As classificações nos ajudam a organizar nosso conhecimento sobre a natureza)

O que é importante levar em consideração no momento de elaborar uma classificação?

(Espera – Critérios que enumerem características que melhor representam os objetos que fazem parte da categoria)

Os critérios que definem o que é e o que não é um planeta, como já sabemos, foi formalizado em 2006, pela União Astronômica Internacional.

A discussão sobre quais corpos celestes devem ser considerados planetas é antiga, mas teve grande repercussão com a descoberta de Éris, um corpo celeste encontrado após Plutão e com dimensões parecidas a dele. A classificação de planeta para Plutão sempre foi questionada e se acalorou com a descoberta de Éris. Ou Plutão se tornava um dos maiores asteroides da região do Kuiper Belt (região após o planeta Netuno) ou Éris também deveria ser considerado planeta.

Para pensar em critérios que melhor caracterizam um planeta, a União Astronômica Internacional (UAI) formou uma comissão que apresentou sua proposta em Agosto de 2006, em uma Assembleia que resultou, como sabemos, na mudança de classificação de Plutão.

Para vivenciarmos a dificuldade de se construir uma definição, neste caso, para planeta, vou entregar para vocês um conjunto de informações sobre Plutão e outros corpos celestes. Em grupos de 4 a 5 alunos, vocês deverão elaborar critérios que definem o que é e o que não é planeta. Além de justificar suas escolhas, devem dizer se Plutão se enquadra nestes critérios ou não e por que.

(Dentro de uns 20 minutos ou na próxima aula?), vou sortear dois grupos que devem ter um representante para apresentar e defender suas ideias para a classe. Depois do debate entre os dois grupos sorteados, a classe irá votar com objetivo de decidir qual das propostas aprova, havendo a possibilidade de decidir por outro critério de classificação que possa aparecer durante a discussão e que melhor represente a ideia da sala quanto à classificação de planetas.

Então, mãos a obra!

Após o debate:

Nós realizamos aqui uma discussão sobre os critérios que selecionaríamos para definir planeta. Vou contar para vocês como foi que se construiu a definição de planeta aprovada na Assembleia da União Astronômica Internacional.

Durante dois anos astrônomos do mundo todo formalizaram suas sugestões para elaborar uma definição de planeta, sabendo que esse tema seria discutido na Assembleia da IAU. Tais sugestões foram entregues para um comitê, que tinha, entre outras responsabilidades, pensar sobre a dinâmica do Sistema Solar, as propriedades físicas dos planetas e os aspectos sociais e culturais que estão relacionadas ao estabelecimento de uma nova definição de planeta, tais como, os impactos da possível mudança do status de Plutão.

A partir das sugestões e das pesquisas dos membros do comitê, foi apresentada uma proposta na 26ª Assembleia da UAI. A partir das discussões realizadas no âmbito da assembleia, os cientistas ao final do

debate, por meio de votação dos membros presentes, aprovaram que um planeta deve ser definido como um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem massa suficiente para sua auto-gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que ele assume uma forma de acordo com o equilíbrio hidrostático (aproximadamente redondo), e (c) limpe a vizinhança em torno de sua órbita.

Contudo, como sabemos, esta definição não é consensual. Alan Stern, por exemplo, discorda de um dos critérios aprovados pela UAI, conforme vimos no texto. Ele também é crítico do fato de que apenas os astrônomos presentes na assembleia puderam ter votado. Ele coloca que não foi permitido o voto por e-mail na decisão – que foi um levantar de mãos - e segundo ele, isso significa que menos de 5% dos quase 9.000 membros da UAI realmente votaram.

O que parece interessante sobre tudo isto é conhecer um pouco mais sobre a história da construção desta nova definição de planeta, que envolve nosso conhecimento sobre o céu.

A princípio, houve o reconhecimento da existência dos planetas ao se perceber que havia pontos de luz que se moviam entre os demais, aparentemente imóveis. E, posteriormente, a descoberta de Urano, Netuno e Plutão, que só foi possível graças aos avanços na qualidade dos telescópios, que permitiram observar corpos celestes mais distantes, e ao trabalho colaborativo de muitos astrônomos que, por séculos, registraram observações sobre o movimento dos corpos celestes e, a partir destes dados, construíram teorias que permitiram prever a trajetória dos planetas. E não podemos esquecer que muitos corpos celestes já foram e deixaram de ser considerados planetas longo da história, inclusive a Lua, dependendo do modelo de universo adotado na época, lembram?

Também, é interessante perceber que, tanto para se descobrir novos planetas no céu, além daqueles já conhecidos e observados a olho nu, como para se conhecer um pouco mais algumas características dos planetas, como sua massa, mais do que avanços tecnológicos, foi preciso um desenvolvimento da própria ciência, das explicações dadas pelos cientistas sobre o movimento e as interações dos corpos celestes. Assim, só depois de Newton e da elaboração da teoria da Gravitação Universal é que estas descobertas foram possíveis. Vocês lembram como Urano, Netuno e Plutão foram descobertos?

Pensem...

A existência desses planetas foi prevista primeiro teoricamente, ou seja, antes de serem observados por meio de telescópios. Ao estudarem, por exemplo, a trajetória de Urano, percebeu-se que sua trajetória era diferente da prevista teoricamente pela Lei de Gravitação Universal, assim supôs-se que, se a Gravitação Universal estivesse correta, algum outro grande corpo deveria estar influenciando a órbita de Urano. Ao se refazer os cálculos, tendo como hipótese a real existência de algum outro corpo, os cientistas encontraram resultados que indicavam a posição e a massa deste novo objeto. Foi assim que Netuno foi encontrado, ao se procurar no local previsto teoricamente. Por isso, dizemos que Netuno foi previsto antes de ser observado.

Vocês perceberam a importância da teoria?

Esperar...

Mesmo com os melhores equipamentos, sem a teoria que vincula as explicações sobre os fenômenos ao melhor uso destes instrumentos, seria mais difícil realizar novas descobertas e compreender melhor a natureza.

Além disso, é interessante ressaltar que todo esse processo não é simples, envolve muitos conflitos e divergências, como, por exemplo, todas as discussões relacionadas à escolha dos atributos do que é um

planeta. Há a decisão da UAI que definiu o que é um planeta, decisão que agora já tem sido utilizada, mas que de qualquer forma, não é consensual.

De forma similar ao ocorrido nas discussões dos grupos sobre a definição de planeta.

E para entendermos e acompanharmos todo esse processo, inclusive as futuras decisões envolvendo a organização do conhecimento sobre o céu, cabe a nós compreendermos esta história e acompanharmos os próximos acontecimentos.

Bibliografia

MELLO, S. **A nova definição de planeta**. IAG-USP, 2010. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~dinamica/iau-planeta.html>>. Acesso em: 2 set, 2010.

MONTES, M.; COSTA, A (Org.). Nova definição de planeta sob fogo cerrado. **Astronomia On-line**, edição 259, ago, 2006. Disponível em: <http://www.ccvalg.pt/astronomia/newsletter/n_259/n_259.htm> Acesso em: 16 set, 2010.

TANCREDI, G. De 9 a 12 y finalmente 8: ¿cuántos planetas hay alrededor del Sol? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 4, p. 69-77, 2007.

UNIAO ASTRONOMICA INTERNACIONAL. **IAU 2006: General Assembly: Result of the IAU Resolution votes**. Praga, 2006. Disponível em: <http://www.iau.org/public_press/news/detail/iau0603/>. Acesso em: 2 set, 2010.

WEINTRAUB, D. **Is Pluto a planet?: a historical journey through the solar system**. Estados Unidos: Princeton University Press, 2007.

O QUE É UM PLANETA?	
CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
massa	pode-se perceber que todos os "considerados" planetas têm massas aproximadas.
inclinação da órbita à eclíptica (°)	se olhar a tabela percebe-se que a inclinação de Plutão, Eris e Ceres é bem maior do que a dos outros planetas.
diâmetro médio (km)	pois o diâmetro deles é bem menor que os outros.
diâmetro da lua	as luas naturais tem 1% do valor do diâmetro do planeta. E a lua de Plutão 50% do valor do seu diâmetro.

2) Plutão se enquadra na categoria de planeta segundo os critérios estabelecidos pelo grupo? Por quê?

não, pois tanto ele quanto Ceres e Eris, estão muito longe dos resultados obtidos para os outros planetas.

O QUE É UM PLANETA?	
CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Todos os planetas tem diâmetro maior que 4.000	Se tiver menos que 4.000 de diâmetro, pode ser considerado asteroide, planeta anão, satélit.
Nenhum planeta tem luz própria	Se tiver luz própria é considerado uma estrela.
Todos os planetas giram em torno do sol.	Apenas asteroides e planetas giram em torno do sol
Todos os planetas tem forma de esfera.	Se não tiver forma de esfera é considerado um asteroide.

2) Plutão se enquadra na categoria de planeta segundo os critérios estabelecidos pelo grupo? Por quê?

Segundo os novos critérios, Plutão não se enquadra na categoria de planeta, pois seu diâmetro é menor que 4.000 Km.

Nome: _____ n° _____ série: _____

E-mail: _____

AVALIAÇÃO 4º BIMESTRE

Este questionário tem a intenção de obter suas impressões sobre as aulas e temas discutidos ao longo do 4º bimestre. Além de uma avaliação em relação às aulas deste período, algumas dessas respostas poderão contribuir para um trabalho desenvolvido em nível de Mestrado (USP). As informações não serão divulgadas de forma a identificar os autores. Obrigada.

1) O que achou das aulas relacionadas aos temas da Astronomia? Qual aula/assunto você mais gostou neste 4º bimestre? Por quê?

2) Estudamos recentemente algumas questões relacionadas a classificação dos corpos celestes. Em sua opinião, os cientistas podem ou devem mudar as classificações existentes? Em quais situações e por quê?

3) Modificações nas classificações dos objetos é um caso particular de possível mudança na ciência. De uma forma mais ampla, as explicações científicas podem mudar? Dê exemplos que justifiquem sua resposta.

4) A confiança que você tem nas explicações dadas pelos cientistas se modificou, de alguma maneira, ao estudar as polêmicas relacionadas ao caso Plutão? Por quê?

5) Em relação a nova classificação de Plutão, você sabe dizer por que esta foi mudada? Explique.

6) O estudo sobre as descobertas dos planetas e sobre o caso Plutão fez você pensar sobre a ciência e em como ela é feita? Comente.

7) Durante nossas aulas, estudamos um pouco sobre o conhecimento que temos do céu. O que foi ou é importante para que a humanidade conhecesse mais sobre ele?

8) Em 2010 alguns sites de notícias informaram que foi descoberto um exoplaneta rochoso (um planeta fora do sistema solar). Foi divulgado que os cientistas mediram a massa desse astro e confirmaram que “Corot-9b é de fato um exoplaneta”. Como você se posiciona diante de tal notícia? Por quê?

9) Para finalizar, conte como você imagina um cientista e sua vida profissional? Você teria interesse em viver algo semelhante?

10) Abaixo deixe seu comentário ou outras observações. (Use o verso se necessário)

Tabela 09: Transcrições das justificativas para a transitoriedade da ciência: QI x QF

Aluno	Categoria QI	QI	QF	Categoria QF
2	NE	<i>Sim, sempre procuram ter certeza do que falam, como aprofundam suas pesquisas, novas ideias surgem com o que encontram</i>	<i>Sim. Exemplo: os critérios do que é um planeta, as dúvidas das classificações de um corpo celeste, os descobrimentos dos possíveis planetas. Isso faz com que mudem suas explicações e argumentos formados antigamente.</i>	NE
10	NE	<i>Sim, pois suas conclusões são apenas teorias e com o tempo, depois de mais estudados, podem ser descobertas outras coisas sobre o assunto, coisas que necessitam de muitas experiências.</i>	<i>Sim, pois ao longo do tempo de pesquisas, há um aprofundamento no assunto, há acumulação de experiências que ajudam muito os cientistas compreenderem as relações e a possibilidade de mudanças. Um grande exemplo é a classificação de Plutão.</i>	NE
12	NE	<i>Sim, porque eles sempre estão realizando novas pesquisas.</i>	<i>Sim, vejamos novamente o caso do Plutão, até 2006 ele era considerado um planeta, porém, com novas descobertas sobre ele, ele foi rebaixado para planeta-anão. As explicações para esta mudança foram mudando, pois ainda existem muitos astrólogos que não concordam com esta mudança.</i>	NE
19	NE	<i>Sim, porque cada dia descobrem coisas diversas e para tudo pode ter várias respostas que constam a mesma coisa.</i>	<i>Eu acho que na ciência tudo pode mudar. Sim, porque sempre há várias descobertas e experiências diferentes.</i>	NE
31	NE	<i>Errar é humano, opinar é chance de reconstruir sua opinião. Então, se houve anos de pesquisa, onde o cientista se esforça, tem todo o direito</i>	<i>Sim, como já citado na anterior, é um modo de atualizar e até melhorar os conceitos. Resp. anterior: Há uma constante mudança nas classificações dos corpos celestes, então podem e devem modificar as classificações, numa situação de valores aproximados de distância, diâmetro ou qualquer; pois é uma forma de atualizar.</i>	NE
33	NE	<i>Sim, pois eles descobrem coisas novas que podem contrariar sua própria opinião.</i>	<i>Sim. Como o esperado, a física sempre evolui. É possível que, por exemplo, achem uma nova partícula e descubram que existe uma coisa nova.</i>	NE
34	NE	<i>Sim, pois eles encontram outro meio de resposta.</i>	<i>Podem, pois um cientista pode observar o que o outro não enxergou ainda; e dar uma opinião ou mudar.</i>	NE
1	NE	<i>Sim, pois são feitos vários estudos e experiências e elas tendem a mudar com o passar do tempo.</i>	<i>Sim, pode haver um avanço da tecnologia capaz de mudar algumas coisas com novas descobertas.</i>	T
17	NE	<i>Depende, se ele descobrir uma "nova área", sua opinião pode mudar, porém ele vai ter que se esforçar o dobro para mudar sua pesquisa.</i>	<i>Sim, pois muitas teorias que eram acreditadas foram derrubadas, pois o avanço tecnológico nos provava o contrário.</i>	T

36	NE	<i>Podem sim, pois eles estão sempre descobrindo coisas novas e qualquer detalhe pode mudar muita coisa em suas descobertas.</i>	<i>Sim, pois com o tempo a ciência vai ganhando mais tecnologia e pode descobrir e afirmar coisas com mais certeza, também podendo mudar algumas opiniões antigas.</i>	T
5	I	<i>Não, é muito raro, só se ele achar algo que contradiz o que ele acha em sua opinião.</i>	<i>Pode, porque a todo o momento eles estão estudando mais, e assim encontrando a "verdade".</i>	NE
30	I	<i>Quando mudar é porque descobriam algo errado, aí naturalmente a explicação muda.</i>	<i>Sim, se as pesquisas indicarem algo novo, como houve a mudança no caso Plutão.</i>	NE
35	I	<i>Eu acho que ele pode mudar de opinião se realizar provas com outras experiências em cima das consideradas erradas.</i>	<i>Sim, Plutão é um exemplo mais recente, onde foi desconsiderado como planeta por apresentar características diferentes dos demais planetas, isto só foi possível através de estudos dos cientistas e debates.</i>	NE
6	I	<i>Sim, pois eles podem estar enganados ou ter falado algo sem muita certeza.</i>	<i>Sim, como na resposta anterior, as tecnologias estão sempre se renovando. Resp. anterior: Sim, porque com o avanço da tecnologia mais características dos planetas são descobertos, assim diminuindo a margem de erro.</i>	T
7	I	<i>Sim. A ciência é em certa parte "viva", sempre poderão ocorrer erros ou informações más concluídas.</i>	<i>Podem. Como, por exemplo, o desenho do átomo que mudou muito ao passar dos anos. A tecnologia ajuda para essas mudanças.</i>	T
23	I	<i>Sim, por exemplo, em um teste de HIV, quando o vírus não é detectado, porque ele está imaculado, podendo assim, a pessoa tem o vírus mas o exame não detectou.</i>	<i>Sim, podem mudar, mas tudo depende da velocidade do avanço tecnológico, como por exemplo, o caso Plutão, que até então foi desconsiderado como planeta, isso se deu por falta de informação por causa da distância.</i>	T
27	I	<i>Depende, se ele tiver provas sim</i>	<i>Sim, elas podem mudar, pois hoje em dia temos diversas possibilidades e facilidades para ver as coisas melhores que não tínhamos antes.</i>	T
15	T	<i>Sim, pois o mundo muda e com o avanço da tecnologia, as pesquisas mudam também.</i>	<i>Elas podem mudar de diversas formas, principalmente a partir dos avanços tecnológicos, pois com isso teremos mais respostas preciosas e concretas.</i>	T
14	NJ	<i>Sim, eles fazem suas pesquisas e amanhã já tem alteração.</i>	<i>Sim, como o planeta Júpiter que acabou virando planeta-anão, com várias pesquisas eles deram certeza para a ciência.</i>	NE
32	NJ	<i>Sim. Eles devem e podem mudar de opinião, como qualquer profissão. E a profissão de um cientista ainda mais, por causa da visibilidade que um cientista tem na mídia.</i>	<i>Sim, as explicações científicas podem mudar de acordo com o tempo. Quanto mais estudos, mais se descobre sobre algo pesquisado. Um exemplo claro disso é o planeta-anão Plutão que já teve inúmeras explicações.</i>	NE
8	NJ	<i>Podem sim. Porque todos temos o direito de errar e se confundir</i>	<i>Podem sim, através da evolução da tecnologia, que a cada dia consegue resultados com mais precisão ou mais próximo do real.</i>	T

20	NJ	<i>Sim, muitas coisas acontecem que cientistas acreditam e por fim, não acreditam mais.</i>	<i>Sim, com o avanço tecnológico, pois ainda existem coisas no universo que ainda não podemos ver e também uma mais ampla visão na ciência astronômica.</i>	T
11	C	<i>Eu acho que não, pois antes de afirmar qualquer pesquisa tem que ter certeza do que fala.</i>	<i>Sim, temos como exemplo as modificações dos corpos celestes.</i>	NJ
16	C	<i>Para mim não, pois se estudaram é para ter uma resposta concreta. Tal engano pode afetar algo ou alguém.</i>	<i>Com o tempo, há novas descobertas, havendo novas pesquisas, com isso, pode mudar.</i>	NE
21	NT	<i>Quase sempre não, não mudam, criam uma diferente.</i>	<i>Sim. A ciência de hoje é continuação da ciência de ontem, mas ambas são completamente diferentes. A forma de classificar um planeta antigamente era uma maneira, vendo, estudando-o, hoje possui a tecnologia, cálculos, etc.</i>	T
24	U	<i>Não, porque a resposta é só 1.</i>	<i>Não. Porque do mesmo modo que se descobriam os objetos no passado se descobrem hoje, apenas os instrumentos de uso mudam, com o avanço da tecnologia.</i>	U

Atividade V: Debate

(Prof.^a): Os colegas irão defender a posição dos dois grupos em relação aos critérios que eles colocaram para definir planeta e vocês, como membros dessa assembleia, irão definir entre um critério e outro, ou vamos elaborar nosso próprio critério. Nós, como membros dessa reunião, então, vamos definir qual serão os critérios da classe para a definição de planeta.

(Aluno 21): Boa Noite. Para nós o planeta tem que ter o diâmetro maior que 4000, não pode possuir luz própria, porque, se possuir, é uma estrela, tem que girar em torno do Sol, os asteroides também giram, mas não possui o formato de esfera.

(Prof.^a): Vamos agradecer a posição do Aluno 21.

Aplausos

(Prof.^a): E agora, a Aluna 17.

(Aluna 17): Nós vamos defender por causa da massa. Nós pudemos perceber que todos os que são considerados planetas hoje, têm as mesmas massas. A inclinação à órbita, porque se a gente fosse olhar a tabela que a professora tinha passado, nós percebemos que a inclinação de Plutão, Éris e Ceres é bem maior que de qualquer outro planeta. O diâmetro, porque eles não são considerados planetas; Plutão, Ceres e Éris, porque o diâmetro deles é bem menor do que qualquer dos outros planetas. E o diâmetro da lua, porque a luas naturais dos outros tem 1% do diâmetro do planeta em si, e esses três não têm, é bem maior.

(Prof.^a): Agradecer à Aluna 17.

Aplausos

(Prof.^a): Tem algum dos critérios do grupo 1 e do grupo 2 que estão “batendo”, apresentam a mesma proposta?

(Aluno 21): O diâmetro.

(Prof.^a): O diâmetro? Então, vamos retomar a proposta do diâmetro. O Aluno 21 pode dizer? Por que vocês escolheram esse critério, o diâmetro?

(Aluno 21): Porque nós pegamos todos, de 4000 para cima é planeta.

(Prof.^a): E o critério da Aluna 17 foi o mesmo, não é? A classe vai acatar esse critério ou tem pessoas que são contra e vão colocar seu argumento?

Alunos concordaram

(Prof.^a): Então, corpos maiores que 4000 km de diâmetro serão considerados planetas.

(Prof.^a): Como eu sei que o Sol não é um planeta?

(Aluno 34): Porque tem luz.

(Prof.^a): Então, esse vai ser um critério para diferenciar... Então, todos os membros concordam com o critério do diâmetro maior que 4000Km?

Alunos concordaram

(Prof.^a): E agora, temos todos os critérios diferentes? Vamos olhar, então, qual critério nós vamos incluir ou não. O Aluno 21 colocou, todos os planetas não possuem luz própria. Por que esse critério?

(Aluno 21): Porque se tem, seria uma estrela.

Concordaram

(Aluno 35): Tem asteroide também...

(Prof.^a): Ah, também tem isso, como eu diferenciaria planeta de asteroide?

(Aluno 21): Vamos diferenciar depois.

(Prof.^a): Então, vamos incluir esse critério: não tem luz própria, todos concordam?

Concordaram

(Prof.^a): Agora o critério da Aluna 17.

(Aluna 17): Que nós podemos perceber que todos os planetas têm certa massa. Por exemplo, Terra e Júpiter, têm massa 15.000 e Plutão, por exemplo, vai, uma massa de 500...está muito divergente a massa dele com a massa daqueles que são considerados planetas.

(Aluno 21): Duas coisas, uma certa e ao mesmo tempo, errada. Tem isso de considerar massa, mas a lua de Júpiter é muito maior que a Terra.

(Aluna 17): Aí entra aqui (aponta critério do diâmetro da lua).

(Prof.^a): A Aluna 17 colocou uma massa mínima. É isso, vocês ouviram?

(Aluna 17): A massa daqueles que são considerados planetas é muito maior do que o de Plutão, Ceres e Éris. Eles são muito menores.

(Prof.^a): Agora, o argumento do Aluno 21.

(Aluno 21): A massa dos satélites dos planetas, a de Júpiter, é maior que a massa da Terra.

(Prof.^a): Tem luas com grandes massas, como as massas das luas de Júpiter.

(Aluno 24): Tem asteroides com grandes massas também...

(Prof.^a): Mais alguém quer falar? Não? Estão prontos para votar? Alguns sim, outros não?

(Prof.^a): Então, vamos fazer o seguinte, vamos deixar uma proposta com a massa e a outra sem a massa, e agora nós já temos duas propostas para votar...E agora o Aluno 21.

(Aluno 21): A única coisa que gira em torno do Sol são os planetas e os asteroides, como nós falamos aqui, os asteroides não são em forma de esfera. Então, um elimina o outro.

(Aluna 14): O que?

(Aluno 21): Pegando tudo isso aqui (aponto para critério gira em torno do Sol e possuem forma de esfera), os planetas e asteroides giram em torno do Sol, mas os asteroides não tem forma de esfera, então os asteroides são excluídos pela última opção.

(Aluna 17): Se nós não levarmos em consideração esse (aponta para critério “forma de esfera”), a gente não vai saber diferenciar asteroide de um planeta.

(Prof.^a): A Aluna 17 está colocando que este critério não é muito útil, porque se eu não olhar para os outros, eu não vou saber diferenciar. Agora vocês terão que pensar, lembrem, que os critérios escolhidos devem representar as características dos objetos. A classificação diz “aqueles objetos são desse jeito”.

(Aluno 21): Mas seu eu pensar que gira em torno do Sol, eu já vou saber que ou é asteroide ou é planeta.

(Aluna 12): Mesmo que tenha sido asteroide ou planeta, quando eu digo gira em torno do Sol, a primeira coisa que eu vou pensar é em planeta.

(Aluna 17): Para alguém que olha de fora e não sabe os critérios pode confundir um asteroide com um planeta.

(Aluno 35): Para acabar de vez, eu acho que esses dois devia juntar: gira em torno de Sol e possui forma esférica. Se for um e outro é planeta, se for um mas não é o outro, não é planeta.

(Prof.^a): Sim, quando nós formos olhar os critérios, planeta deve se encaixar em todos eles.

(Prof.^a): Mais alguém quer falar? Não? Todos prontos para pensar neste critério? Vamos incluir gira em torno do Sol?

(Aluno 21): Girar em torno do Sol pode não definir, mas é mais um argumento.

(Prof.^a): Tá, então, vamos votar no final, já que este critério está muito polêmico. Agora é a Aluna 17 com a inclinação.

(Aluna 17): Nós podemos perceber que a inclinação de Ceres, Éris e Plutão, que não são considerados planetas, é bem maior que a dos planetas.

(Aluno 21): Mas antigamente Plutão era considerado!

(Aluna 17): Eles não tinham tanta informação sobre ele, agora que tem...

Aplausos.

(Prof.^a): Mais alguém quer falar sobre isso?

(Aluno 24): Como é a inclinação?

(Aluna 17): A inclinação do que não são planetas é bem maior do que aqueles que são considerados.

(Prof.^a): Lembrem do plano da órbita da Terra? Essa inclinação é em relação ao plano da órbita da Terra. Por exemplo, Mercúrio é 7° , em relação ao plano da órbita da Terra, que é zero, a órbita de Mercúrio é 7° , então ela é um pouquinho inclinada. Marte, será $1,8^\circ$, quer dizer, está quase no mesmo plano da Terra. Urano, $0,8^\circ$. Netuno, $1,8^\circ$. Plutão, 17° . Éris, 47° de inclinação.

(Aluno 21): Os planetas são redondos. Só os planetas são redondos, né professora?

(Prof.^a): Alguns asteroides tem a massa um pouco maior e são quase redondos, mas a maioria dos asteroides são irregulares. Os planetas teriam uma massa suficiente que sua auto-gravidade deixariam ele redondo, tudo bem? Inclui esse critério ou não?

Alunos: Sim.

Aplausos

(Prof.^a): Vamos agradecer a ótima colaboração do Aluno 21.

Aplausos.

(Prof.^a): Agora vamos ver a última proposta da Aluna 17.

(Aluna 17): É o diâmetro da lua. As luas dos planetas tem 1% do diâmetro do seu próprio planeta. Os que não são considerados planetas e tem lua, essa lua tem 50% do diâmetro deste planeta.

(Aluno 24): Que é o Plutão.

(Aluna 17): Que é o caso de Plutão, ou seja, eu já diria quem é planeta e quem não é planeta devido o diâmetro da lua.

(Prof.^a): E aí, classe?

(Aluno 26): Mas a gente não sabe, pode ter planeta que tem a lua maior, como é que vai fazer?

(Aluno 34): Pode ser como o Aluno 26 falou. E se eles estiverem distante, quanto mais longe, mais difícil para você descobrir o tamanho, o diâmetro.

(Aluna 12): Mas com os dados que nós temos hoje, nós podemos muito bem usar este critério. Nós aqui, enquanto alunos, podemos sim usar o critério do diâmetro da lua.

(Prof.^a): Essa é a colocação da Aluna 12. Sala, vai incluir o critério lua ou não? Espera, o Aluno 21 quer falar.

(Aluno 21): Tem planeta que não possui lua.

(Aluna 03): Verdade, professora?

(Prof.^a): Mercúrio e Vênus não possuem lua.

(Aluno 21): Então, é assim, não tem lua, então não é planeta!?

(Prof.^a): E agora, vocês estão prontos para incluir o critério lua?

Não houve consenso.

Agitação.

(Aluno 21): Mercúrio não tem lua e eles são considerados planetas.

(Prof.^a): Pelo menos pelo critério da UAI, sim.

(Aluna 12): Mas isso é o mesmo jeito da forma esférica. Se eu olhar só a forma esférica, desculpa, eu não vou saber se é planeta, se é lua, se é Sol. Não tem um critério que sozinho eu digo, ah, é um planeta.

(Aluno 26): É a minha opinião. Não é apenas com um critério que você vai descobrir. E o caso, por exemplo, que alguns planetas tem lua e outros não, então, eles vão encontrando outras formas de “critérisar” o planeta, caso ele não tenha. Por exemplo, ele tem a forma redonda, só que não tem lua, mas ele tem os outros critérios também, então, vamos olhar os outros critérios e assim vai...

Agitação

(Aluno 34): Levanta a mão para falar!

(Prof.^a): É a Aluno 21, o Aluno 24 e aí a gente encerra para votar.

(Aluno 21): Digamos que estes dois planetas, que não tem lua, entrou em critérios de outros, então o critério diâmetro da lua não significa nada.

(Prof.^a): Esta foi mais uma colocação. Quem era depois?

(Aluno 24): Ela falou que os planetas não tem lua, né? Aí ela relacionou com que o Aluno 21 falou, que era redondo, mas aí falou do Sol, mas juntando esses critérios aí, não vai ter o Sol, porque o Sol tem luz própria e os planetas não tem luz própria.

(Prof.^a): Isso, nós temos que olhar para todos os critérios. Vamos encerrar para a votação. Mas primeiro, vamos agradecer a Aluna 17.

Aplausos.

(Prof.^a): Agora vamos votar!