

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA

BIANCA CANTANA MOTTA

**Contribuições de Tycho Brahe na evolução histórica e
filosófica de métodos astronômicos: uma proposta
didática para a educação básica**

São Paulo

2024

BIANCA CANTANA MOTTA

**Contribuições de Tycho Brahe na evolução histórica e
filosófica de métodos astronômicos: uma proposta
didática para a educação básica**

Dissertação apresentada ao Departamento de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) como requisito parcial para conclusão do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia e obtenção do título de Mestre em Ciências, sob a orientação do Prof. Dr. Claudemir Roque Tossato.

São Paulo

2024

MOTTA, B. C. **Contribuições de Tycho Brahe na evolução histórica e filosófica de métodos astronômicos: uma proposta didática para a educação básica**. 2024.168f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 20204.

MEMBROS DA BANCA

Prof. Dr. Claudemir Roque Tossato (Orientador)

IAG/USP

Prof. Dr. Henrique Marins de Carvalho

IFSP/SPO

Prof. Dr. Eduardo Henrique Peiruque Kickhöfel

UNIFESP

Dedico esse trabalho ao amor da minha vida, meu marido e companheiro de todas as horas, Rogério Ferreira da Fonseca, que sempre esteve presente nos momentos difíceis com uma palavra de incentivo. Sem ele a conclusão deste trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Chegando ao fim deste trabalho, faço uma reflexão importante, olhando para trás e buscando traçar um percurso, que não foi nada fácil, no entanto foi extremamente valioso e gratificante, pois além de construir novos conhecimentos, fazer muitas descobertas e certamente evoluir pessoalmente e profissionalmente, observei que contei com a ajuda de muitas pessoas que me apoiaram plenamente, sem elas esta jornada teria sido árdua e talvez impossível.

Sendo assim, começo agradecendo ao meu pai e grande amigo Paulo Roberto de Andrade Motta, que sempre me apoiou, acreditou em mim, ajudou-me a estudar e teve por várias vezes a gentileza paterna para ficar ouvindo a leitura de meus trabalhos, externo aqui meu amor e eterna gratidão. Não menos importante nesta jornada está a minha mãe, Angela Maria Cantana, a qual sou infinitamente grata, por me apoiar, confiar, dar amor e tudo aquilo que alguém precisa para se sentir segura e amada, e assim ter força para encarar todos os desafios que a vida pode colocar em meu caminho. Agradeço a minha irmã Barbara Cantana Motta, pela amizade, carinho e amor de sempre.

Também quero agradecer a todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia, do IAG – USP, seus valiosos ensinamentos jamais serão esquecidos por mim, e me ajudaram a alcançar uma nova etapa em minha vida. Faço um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Claudemir Roque Tossato, por seus ensinamentos, sua orientação, sua paciência, humildade e seu mérito em dividir conosco seus valiosos conhecimentos.

Agradeço aos professores do Departamento de Física do IFSP, campus São Paulo, importantíssimos em minha trajetória na graduação, especialmente o Prof. Dr. Marcelo Porto Allen, que me incentivou e apoiou nos estudos iniciais em Astronomia. Agradeço também ao apoio e amizade da Profa. Dra. Elysandra Figueredo Cypriano, além de valiosos conselhos e ensinamentos, certamente é um exemplo de pessoa e de mulher. Agradeço aos professores, Dr. Henrique Marins de Carvalho e Dr. Eduardo Henrique Peiruque Kickhöfel, pela gentileza, prontidão e contribuição na participação da banca de defesa.

Também agradeço especialmente às minhas queridas amigas e amigos, Jacqueline Contreiras, Alexsandra Dorten, Márcio Pimentel e Antônio Sobrinho, que muito me ajudaram na aplicação da sequência didática, além de todos os estudantes que gentilmente aceitaram participar da pesquisa.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma colaboraram com minha trajetória pessoal e acadêmica. Comprometo-me com todos vocês em retribuir tudo de bom que recebi, fazendo o melhor que eu puder pelos meus alunos, colegas professores e sociedade em geral.

RESUMO

Neste trabalho abordamos noções de Astronomia por meio do contexto histórico. Mais especificamente, exploramos algumas contribuições de Tycho Brahe para essa ciência. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, na qual desenvolvemos e aplicamos uma sequência didática fundamentada nos três momentos pedagógicos e na ideia de problematização de Delizoicov, e nas principais contribuições de Brahe para a Astronomia. Para isso utilizamos um artigo de divulgação científica que simula uma entrevista com esse astrônomo. Aplicamos tal sequência em uma disciplina Eletiva, voltada para uma turma do ensino médio, em uma escola pública do estado de São Paulo. Como principais resultados indicamos o aumento da motivação dos estudantes no estudo de noções de Astronomia, a construção de conhecimentos relacionados a alguns modelos cosmológicos históricos, as contribuições de Brahe para a Astronomia, e o desenvolvimento de aspectos relacionados à natureza das ciências, como o desenvolvimento de conhecimentos científicos.

Palavras-chave: Tycho Brahe; Modelos Cosmológicos; História da Astronomia; Ensino de Astronomia.

ABSTRACT

In this paper we approach notions of astronomy through a historical context. More specifically, we explore some of Tycho Brahe's contributions to this science. This is a qualitative study in which we developed and applied a didactic sequence based on the three pedagogical moments and Delizoicov's idea of problematization, and Brahe's main contributions to astronomy. To do this, we used a science news article that simulates an interview with this astronomer. We applied this sequence for a high school class in a public school in the state of São Paulo. The main results were an increase in student motivation to study notions of astronomy, the construction of knowledge related to some historical cosmological models, Brahe's contributions to astronomy, and the development of aspects related to the nature of science, such as the development of scientific knowledge.

Keywords: Tycho Brahe; Cosmological Models; History of Astronomy; Astronomy Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protocolo do estudante A1 - Questão 1	57
Figura 2 - Protocolo do estudante A2 - Questão 1	57
Figura 3 - Protocolo do estudante A4 - Questão 1	58
Figura 4 - Protocolo da estudante A14 - Questão 1	58
Figura 5 - Protocolo da estudante A15 - Questão 1	58
Figura 6 - Protocolo do estudante A12 - Questão 1	59
Figura 7 - Protocolo do estudante A1 - Questão 2	60
Figura 8 - Protocolo do estudante A2 - Questão 2	61
Figura 9 - Protocolo do estudante A6 - Questão 2	62
Figura 10 - Protocolo do estudante A8 - Questão 2	63
Figura 11 - Protocolo do estudante A9 - Questão 2	64
Figura 12 - Protocolo do estudante A12 - Questão 2	64
Figura 13 - Protocolo da estudante A17 - Questão 2	65
Figura 14 - Protocolo do estudante A1 - Questão 3	67
Figura 15 - Protocolo do estudante A3 - Questão 3	68
Figura 16 - Protocolo do estudante A4 - Questão 3	68
Figura 17 - Protocolo da estudante A8 - Questão 3	69
Figura 18 - Protocolo do estudante A11 - Questão 3	70
Figura 19 - Protocolo do estudante A12 - Questão 3	71
Figura 20 - Protocolo da estudante A14 - Questão 3	71
Figura 21 - Protocolo da estudante A15 - Questão 3	72
Figura 22 - Protocolo da estudante A16 - Questão 3	72
Figura 23 - Protocolo da estudante A17- Questão 3	73
Figura 24 - Protocolo do estudante A20 - Questão 3	74
Figura 25 - Protocolo do estudante A12 - Questão 4	75
Figura 26 - Protocolo da estudante A16 - Questão 4	76
Figura 27 - Protocolo da estudante A17 - Questão 4	76
Figura 28 - Protocolo do estudante A18 - Questão 4	77
Figura 29 - Protocolo do estudante A20 - Questão 4	77
Figura 30 - Protocolo do estudante A1 - Questão 4	77
Figura 31 - Protocolo do estudante A2 - Questão 4	78
Figura 32 - Protocolo do estudante A3 - Questão 4	78
Figura 33 - Protocolo do estudante A4 - Questão 4	79
Figura 34 - Protocolo do estudante A5 - Questão 4	79
Figura 35 - Protocolo do estudante A6 - Questão 4	80
Figura 36 - Protocolo da estudante A7 - Questão 4	80
Figura 37 - Protocolo da estudante A8 - Questão 4	80
Figura 38 - Protocolo da estudante A9 - Questão 4	81
Figura 39 - Protocolo do estudante A10 - Questão 4	81
Figura 40 - Protocolo do estudante A11 - Questão 4	81
Figura 41 - Protocolo do estudante A13 - Questão 4	82
Figura 42 - Protocolo do estudante A14 - Questão 4	82
Figura 43 - Protocolo do estudante A15 - Questão 4	83
Figura 44 - Protocolo do estudante A19 - Questão 4	83
Figura 45 - Protocolo da estudante A21 - Questão 4	83
Figura 46 - Protocolo da estudante A22 - Questão 4	84
Figura 47 - Slide de introdução - Problematizações.....	87
Figura 48 - Alguns instrumentos astronômicos	88
Figura 49 - Brahe e os dados observacionais	89
Figura 50 - Brahe e alguns aspectos sociais.....	90
Figura 51 - Brahe e alguns aspectos sociais.....	90

Figura 52 - Brahe e os dados observacionais	91
Figura 53 - Brahe e os estudos de Astrologia e Astronomia	93
Figura 54 - O trabalho coletivo na ciência	93
Figura 55 - Cientistas são homens normais	94
Figura 56 - Grupo 1 – Modelo Cosmológico de Ptolomeu	96
Figura 57 - Grupo 1 – Esferas ao redor da Terra	96
Figura 58 - Grupo 2 – Modelo Cosmológico de Copérnico.....	97
Figura 59 - Grupo 2 – Modelo copernicano.....	98
Figura 60 - Grupo 3 – Modelo de Tycho Brahe	98
Figura 61 - Grupo 4 – Modelo Cosmológico de Kepler.....	99
Figura 62 - Grupo 4 – As motivações de Kepler.....	99
Figura 63 - Grupo 4 – As leis de Kepler	100
Figura 64 - Teoria e experimentação	102
Figura 65 - Modelo cosmológico de Platão	103
Figura 66 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 1.....	106
Figura 67 - Etapa Final - Estudante A7 - Questão 1.....	106
Figura 68 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 1.....	106
Figura 69 - Etapa Final - Estudante A8 - Questão 2.....	107
Figura 70 - Etapa Final - Estudante A3 - Questão 2.....	108
Figura 71 - Etapa Final - Estudante A11 - Questão 2.....	108
Figura 72 - Etapa Final - Estudante A1 - Questão 2.....	108
Figura 73 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 2.....	109
Figura 74 - Etapa Final - Estudante A9 - Questão 2.....	110
Figura 75 - Etapa Final - Estudante A10 - Questão 2.....	110
Figura 76 - Etapa Final - Estudante A15 - Questão 2.....	111
Figura 77 - Etapa Final - Estudante A16 - Questão 2.....	111
Figura 78 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 2.....	112
Figura 79 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 2.....	112
Figura 80 - Etapa Final - Estudante A23 - Questão 2.....	113
Figura 81 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 3.....	114
Figura 82 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 3.....	115
Figura 83 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 3.....	115
Figura 84 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 3.....	116
Figura 85 - Etapa Final - Estudante A4 - Questão 4.....	117
Figura 86 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 4.....	118
Figura 87 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 4.....	118
Figura 88 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 5.....	119
Figura 89 - Etapa Final - Estudante A3 - Questão 5.....	120
Figura 90 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 5.....	120
Figura 91 - Etapa Final - Estudante A9 - Questão 5.....	121
Figura 92 - Etapa Final - Estudante A11 - Questão 5.....	122
Figura 93 - Etapa Final - Estudante A13 - Questão 5.....	122
Figura 94 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 5.....	123
Figura 95 - Etapa Final - Estudante A21 - Questão 5.....	124
Figura 96 - Etapa Final - Estudante A23 - Questão 5.....	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planejamento da Sequência Didática.....	48
Quadro 2 - Objetivos específicos de cada encontro.....	49
Quadro 3 - Encontro 1	50
Quadro 4 - Encontro 2	50
Quadro 5 - Encontro 3	51
Quadro 6 - Encontro 4	52
Quadro 7 - Encontro 5	53
Quadro 8 - Encontro 6	54
Quadro 9 - Encontro 7	55
Quadro 10 - Cientistas indicados pelos estudantes na Questão 1	58
Quadro 11 - As leis de Kepler	100
Quadro 12 - Respostas dos estudantes - Questão 1 – Encontro 7	105
Quadro 13 - Respostas dos estudantes A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A18, A19, A20 e A22 - Questão 2 – Encontro 7	107
Quadro 14 - Respostas dos estudantes - Questão 3 – Encontro 7	114
Quadro 15 - Etapa Final - Cientistas indicados pelos estudantes na Questão 4	117

Sumário

CAPÍTULO 1	15
1.1 Introdução e Justificativas.....	15
1.2 Percursos Metodológicos.....	19
CAPÍTULO 2	23
2.1 Considerações acerca de algumas pesquisas que abordam aspectos históricos no ensino de Astronomia.....	23
CAPÍTULO 3	32
3.1 Algumas Contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia.....	32
3.2 A Nova de 1572 e o Cometa de 1577	33
3.3 Modelo Híbrido de Universo	37
3.4 A influência de Brahe nas duas primeiras leis de Kepler.....	39
CAPÍTULO 4	42
4.1 Fundamentação Teórica e Organização da Sequência Didática.....	42
4.2 Organização da Sequência Didática por Encontro (aula a aula)	49
CAPÍTULO 5	56
5.1 Aplicação da Sequência Didática e Considerações	56
5.2 Encontro 1	57
5.2.1 Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.	57
5.2.2 Questão 2 - Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar.	60
5.2.3 Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.....	66
5.2.4 Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.	75
5.3 Encontro 2	85
5.4 Encontros 3, 4, 5 e 6.....	86
5.5 Encontro 7.....	104
5.5.1 Questão 1 – Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.....	105
5.5.2 Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?	106
5.5.3 Questão 3. Como, em geral, é construído o conhecimento científico?.	114
5.5.4 Questão 4 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com	

o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.	117
5.5.5 Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.	118
CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
APÊNDICE 1 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	133

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução e Justificativas

Estudos envolvendo os processos de ensino e aprendizagem de conceitos astronômicos, têm aumentado significativamente no meio acadêmico (Langhi e Nardi, 2009; Júnior e Trevisan, 2009; Castro, Pavani e Alves, 2009; Langhi e Nardi, 2014).

Por outro lado, alguns autores (Martins, 2006a; Langhi e Nardi, 2007; Nascimento, Carvalho e Silva, 2016) que se dedicam ao estudo da História da Ciência da Astronomia, indicam que diversos livros didáticos ou textos de divulgação científica apresentam mitos e lendas envolvendo o desenvolvimento histórico de diversos conceitos, ou seja, tais obras não incorporaram estudos historiográficos contemporâneos, apresentando fatos históricos que podem ser equívocos ou mesmo seriamente questionáveis, com potencial de induzir a erros conceituais, ou gerar uma visão errônea acerca do desenvolvimento histórico de conhecimentos científicos, ou mesmo distorcer questões relacionadas à natureza da ciência.

Podemos inferir que esse tipo de abordagem não colabora positivamente com o ensino de Astronomia, e nem mesmo com a compreensão adequada de como são desenvolvidos conhecimentos científicos, ou sequer auxilia na exploração de noções relacionadas à natureza das ciências e seus métodos.

Nesse tipo de abordagem pode-se identificar consequências desfavoráveis às aprendizagens dos alunos em relação aos conceitos físicos, astronômicos, ou relacionados à natureza da ciência; além disso, a busca por significados para tais conceitos no Ensino Médio é almejada, mas nem sempre alcançada (Langui e Nardi, 2007).

No contexto do Ensino Médio ponderações como essas são inevitáveis. Em diversas disciplinas, conteúdos são abordados de modo fragmentado, sem significado prático ou histórico, tornando-se irrelevantes e monótonos. Considerando essa hipótese, expectativas de uma integração entre o desenvolvimento histórico de conhecimentos relacionados à Astronomia se manifestam.

Pesquisas envolvendo a importância de abordagens de conhecimentos relacionados à Astronomia, por meio de contextos históricos, são defendidas e desenvolvidas por diversos pesquisadores, por exemplo, Horvath (2013), Martins (2006b), Moreira e Proença (2017).

Para Martins (1990), o aprendizado de Ciências muitas vezes é dificultado por concepções do senso comum, e por meio da História da Ciência e das concepções antigas o professor compreenderia as dificuldades e resistências dos alunos, assim respeitaria com mais facilidade as concepções dos educandos e faria modificações em suas concepções atuais.

Ainda de acordo com ele, a História da Ciência contribui para a compreensão de resultados científicos que sem o conhecimento histórico tornam-se difíceis de serem compreendidos e são apenas memorizados. É justamente essa perspectiva que adotaremos neste trabalho.

É necessário promover ambientes de aprendizagens que estimulem o interesse em aprender, cujas práticas estejam associadas à problematização e à visão de conhecimento científico em uma perspectiva histórica, sem considerar as “gaiolas epistemológicas” (D’Ambrósio, 2011).

Diante de tais desafios, torna-se relevante o uso do contexto histórico para explorar conceitos físicos ou astronômicos.

As principais questões que norteiam a pesquisa são: Como abordar adequadamente ideias relacionadas à Astronomia por meio da evolução histórica, contemplando documentos normativos e os principais aspectos relacionados à natureza da ciência e o desenvolvimento do pensamento científico? Quais são as possíveis vantagens ou desafios desse tipo de abordagem?

Considerando as questões norteadoras, vamos explorar algumas contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia, por acreditar que seus trabalhos indicam um marco na mudança da natureza científica e metodológica no desenvolvimento dessa ciência e podem orientar o desenvolvimento de uma sequência didática para abordar noções de Astronomia atreladas à evolução do conhecimento científico, e o debate acerca de alguns aspectos relacionados à natureza da ciência.

De acordo com Tossato (2004), as contribuições de Tycho Brahe envolvendo instrumentos e métodos astronômicos, além da técnica ou método,

possibilitaram avanços significativos na Astronomia observacional, é importante ressaltar que também influenciou o pensamento teórico e o desenvolvimento de uma nova cosmologia.

Um aspecto importante que se destaca no trabalho de Tycho Brahe é a organização dos dados observacionais, que conduziu a uma melhora significativa para a obtenção de dados mais precisos, o que possibilitou o surgimento de uma nova teoria dos movimentos planetários. Brahe, além de criar instrumentos astronômicos realizou a melhoria de instrumentos de observação já existentes. Pode-se destacar a relevância que o pensamento teórico e o método dele tiveram na teorização dos movimentos planetários realizada por Kepler (Tossato, 2004).

O que encontramos normalmente em livros didáticos, de forma reducionista e incompleta, é a apresentação de Tycho Brahe apenas como o astrônomo que forneceu dados mais precisos para Kepler. Mas a importância de Brahe para Kepler vai além do fornecimento de melhores dados astronômicos, o que certamente é importante, entretanto outro fator que não pode ser negligenciado é a “consciência metodológica” que Brahe forneceu a Kepler, possibilitando que o último observasse a Astronomia de uma forma mais racionalista, levando-o a construir as órbitas elípticas a partir do que as observações astronômicas forneciam (Tossato, 2004).

Diante do exposto até aqui, parte-se da hipótese de que a simples utilização da História da Ciência como fatos isolados, ou pequenos textos informativos, que podem ser simplesmente apresentados pelo professor, isto é, trechos da história contada sem nenhum tipo de problematização ou articulação com outras áreas do conhecimento, poderá ser desinteressante, desmotivadora ou mesmo levar a equívocos conceituais.

Certamente a situação se agravará se tais trechos ou informações históricas forem mitos ou lendas, que podem distorcer o real desenvolvimento de determinado conceito ou a verdadeira motivação que suscitou certo tipo de conhecimento.

Temos como principal objetivo desta dissertação o desenvolvimento de uma sequência didática para explorar adequadamente o contexto histórico no ensino de Astronomia, contemplando documentos normativos, os principais aspectos da evolução científica, e algumas contribuições de Tycho Brahe para

a Astronomia, além do desenvolvimento de competências e habilidades essenciais, indicadas em documentos como a Base Nacional Comum Curricular e o Currículo Paulista para o Ensino de Ciências e Física.

Retornando ao uso da história no ensino, tomamos como referência alguns autores que defendem o uso da História da Ciência no ensino de Física e Astronomia, propondo uma revisão crítica dessas áreas, como Martins (2006b), Fazenda (1994), Guerra *et al.* (1998), Luck (1994) e Nobre (2004).

Como referencial teórico para a organização e o desenvolvimento da sequência didática utilizamos os três momentos pedagógicos e a dimensão de problematização propostas por Delizoicov (2001).

O Produto Educacional da pesquisa no Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia consiste na organização, desenvolvimento e proposição da referida sequência didática, com base no contexto histórico e filosófico.

Com o presente trabalho busca-se contribuir com a prática do professor em sala de aula, quiçá favorecendo aspectos motivacionais dos alunos aguçando o espírito científico, o que ressalta a importância da adequação de situações didáticas em sala de aula que contemplem o desenvolvimento de habilidades essenciais, explorando o contexto histórico e filosófico da Astronomia.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 1, apresentamos a introdução, justificativas, objetivos e os percursos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa; no capítulo 2 são apresentadas algumas reflexões acerca do uso da História das Ciências no ensino, assim como um breve levantamento bibliográfico acerca de pesquisas envolvendo o uso do contexto histórico no ensino de ciências; no capítulo 3 são exploradas as principais contribuições de Tycho Brahe na evolução histórica e filosófica da Astronomia, além de algumas considerações acerca do uso do contexto histórico no ensino de Astronomia, além das possibilidades para se explorar o desenvolvimento do conhecimento científico e alguns aspectos relacionados à natureza das ciências; o referencial teórico e a proposta de Sequência Didática são apresentados no capítulo 4; a descrição da aplicação da sequência didática, assim como algumas considerações são exploradas no capítulo 5; e por fim, concluímos com as considerações finais e as referências bibliográficas, além do apêndice com o produto educacional.

1.2 Percursos Metodológicos

No intuito de responder as questões que nortearam nossa pesquisa e alcançar os objetivos enunciados, desenvolvemos uma pesquisa qualitativa, uma vez que buscamos responder questões que envolvem a natureza interpretativa de fenômenos relacionados ao ensino e a aprendizagem de noções de Astronomia, como aquelas enunciadas anteriormente.

Nosso estudo ainda pode ser classificado como uma pesquisa exploratória, que de acordo com Gil (2014),

[...] têm como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso (Gil, 2004, p. 27)

Realizamos um estudo bibliográfico que nos forneceu elementos para uma revisão bibliográfica envolvendo pesquisas relacionadas ao uso do contexto histórico no ensino de noções de Física ou Astronomia, o que culminou no capítulo 2.

Além disso, tal revisão também nos auxiliou na escolha de trabalhos relevantes que abordam as contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia (capítulo 3), e principalmente na escolha do referencial teórico para o desenvolvimento e aplicação da sequência didática, a saber, os três momentos pedagógicos e a dimensão de problematização propostas por Delizoicov (2001), que serão abordados no capítulo 4, juntamente com a sequência didática.

De fato, um dos nossos objetivos contemplou o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática, explorando o contexto histórico no ensino de Astronomia, abarcando aspectos da evolução científica e algumas contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento dessa ciência.

A sequência didática foi aplicada para uma turma do Ensino Médio, conforme será descrito a seguir, visto que participamos como professora da turma e pesquisadora, utilizamos como um dos instrumentos para coleta de

dados a observação, com registros e anotações regulares em cada uma das aulas, além dos protocolos produzidos pelos alunos na ocasião da aplicação da sequência didática.

Alguns autores ressaltam a importância do uso da observação como técnica de coleta de dados, por exemplo, Gil (2014) ressalta que:

A observação apresenta como principal vantagem, em relação a outras técnicas, a de que os fatos são percebidos diretamente, sem qualquer intermediação. Desse modo, a subjetividade, que permeia todo o processo de investigação social, tende a ser reduzida (Gil, 2014, p.100).

Esse mesmo autor classifica a observação como técnica de coleta de dados, de acordo com os meios utilizados pelo pesquisador e também pela própria natureza de sua atuação. Ele adota a seguinte classificação, “observação simples; observação participante; e observação sistemática” (Gil, 2014, p.101). Vamos nos limitar aqui a destacar apenas a observação participante, pois foi aquela que optamos no desenvolvimento do nosso estudo. De acordo com Gil (2014):

A observação participante, ou observação ativa, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada. Neste caso, o observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de um membro do grupo (Gil, 2014, p.103).

Como aplicamos a sequência didática para uma turma na qual atuamos como professora, nos colocamos como parte do grupo, uma vez que os alunos já nos conheciam por ministrar outras disciplinas, no momento da aplicação da sequência, e também por ter atuado com eles em anos anteriores.

É importante destacar, que na disciplina Eletiva intitulada Poeira das Estrelas: Uma Breve História do Tempo, na qual aplicamos a sequência didática, contamos com o auxílio de uma outra professora, uma vez que tal disciplina prevê a atuação de dois professores. A professora aqui citada é graduada em Química, atua como professora efetiva da Rede Estadual de Educação há mais de 18 anos, e tem conhecimentos sobre elementos de Astronomia, pois já ministrou a referida disciplina por três anos, com outros professores da escola.

A pesquisa foi desenvolvida em uma Escola Estadual de Ensino Médio do Estado de São Paulo, localizada em uma região nobre da capital, na Zona Sul, entretanto os alunos são majoritariamente da periferia, em particular da comunidade de Paraisópolis. Trata-se de uma escola que adota o Programa Ensino Integral (PEI).

De acordo com a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo,

[...] na concepção do Programa Ensino Integral para se garantir um salto de qualidade da educação de jovens e adolescentes a ampliação da jornada escolar é uma estratégia fundamental para viabilizar metodologias que deverão elevar os indicadores de aprendizagem dos estudantes em todas as suas dimensões (São Paulo, [s.d], p.11).

Como os estudantes do PEI têm uma jornada escolar ampliada, eles contam com as disciplinas básicas (Matemática, Física, Geografia, entre outras), e disciplinas diversificadas (Projeto de Vida, Tecnologia, Orientação de Estudos e Eletivas), além de poder escolher a partir do Segundo Ano do Ensino Médio um Itinerário Formativo (parte flexível do currículo do Novo Ensino Médio, no ano de 2023, de acordo com interesses, aptidões e objetivos dos estudantes).

Desenvolvemos a pesquisa em uma disciplina Eletiva intitulada “Poeira das Estrelas: Uma Breve História do Tempo”, oferecida aos alunos no segundo semestre de 2023, a disciplina foi escolhida por trinta e cinco estudantes, entretanto logo no início houve uma desistência, restando trinta e quatro estudantes.

A escolha pelo desenvolvimento da sequência didática nessa disciplina Eletiva deu-se por suas características, ou seja, noções de Astronomia, e pela possibilidade de ter uma turma heterogênea em relação à série escolar (estudantes dos primeiros, segundos e terceiros anos) mas homogênea em relação ao interesse por estudos envolvendo Astronomia.

A turma nessa disciplina Eletiva contou com 34 alunos matriculados, entretanto, por questões envolvendo a frequência nas aulas, participaram da pesquisa 23 estudantes, nos quais, 9 eram do primeiro ano, 10 eram do segundo ano e 4 eram do terceiro ano do Ensino Médio. Os demais não participaram da pesquisa por motivo de total ausência ou baixa frequência.

A pesquisa foi desenvolvida junto aos alunos em 7 encontros (14 aulas de 45 minutos). Destaca-se que devido às ausências de estudantes e outros contratempos que influenciam no desenvolvimento das aulas, como problemas de saúde, greve de transporte público, dinâmicas escolares como a aplicação de avaliações institucionais (prova paulista), entre outros, nem todos os estudantes participaram de todos os encontros, mas, em geral, aqueles que faltaram em algum encontro, buscaram meios de se atualizar em relação ao que foi abordado na aula em que esteve ausente.

No próximo capítulo abordaremos alguns estudos envolvendo pesquisas relacionadas ao uso do contexto histórico no ensino de noções de Física ou Astronomia, em particular eles nos auxiliam a compreender melhor a problemática em que se insere este trabalho, e principalmente nos alertam acerca de diversos equívocos que geralmente são cometidos ao se utilizar o contexto histórico de forma ingênua.

CAPÍTULO 2

2.1 Considerações acerca de algumas pesquisas que abordam aspectos históricos no ensino de Astronomia

Neste capítulo apresentamos alguns aspectos que julgamos relevantes em pesquisas que utilizam contextos históricos ou filosóficos no ensino de Astronomia na Educação Básica. Entre esses aspectos ressaltamos os objetivos e principais resultados.

Interessa-nos destacar aspectos relevantes que devem ser considerados ao utilizar o contexto histórico no ensino e aprendizagem de ciências, e principalmente de conceitos astronômicos ou físicos, uma vez que essa é a principal temática norteadora da nossa pesquisa.

Aqui, inicialmente destaca-se a problemática envolvendo o ensino de Astronomia por meio do uso da história e filosofia dessa ciência, além de algumas questões que nortearão nosso estudo. Posteriormente serão feitas algumas considerações a respeito dos artigos selecionados no levantamento bibliográfico.

Na sociedade contemporânea existem muitos desafios que se impõem aos professores, por exemplo, políticas públicas, inovações tecnológicas, aspectos motivacionais em sala de aula, implementação de novas propostas curriculares, seleção e desenvolvimento de material didático entre outros.

Considerando os desafios citados, em nossa pesquisa almeja-se contribuir principalmente com o último exemplo citado, ou seja, buscamos o desenvolvimento de uma pesquisa que colabore com a prática do professor em sala de aula, explorando o contexto histórico e filosófico da Astronomia.

Diante das novas demandas impostas pela sociedade contemporânea é fundamental refletir a respeito do papel do ensino das ciências na Educação Básica.

Destacamos que, em particular, o interesse pelo desenvolvimento de pesquisas envolvendo os processos de ensino e aprendizagem de conceitos astronômicos tem aumentado significativamente no meio acadêmico (Langhi e Nardi, 2009; Júnior e Trevisan, 2009; Castro, Pavani e Alves, 2009; Langhi

e Nardi, 2014).

Tais pesquisas apontam que no contexto do Ensino Médio, em disciplinas de ciências, conteúdos são abordados de modo fragmentado, sem significado prático ou histórico, tornando-se irrelevantes e monótonos. Expectativas de uma integração entre os conhecimentos teóricos e práticos se manifestam.

Consequências desfavoráveis ao desenvolvimento cognitivo dos alunos em relação aos conceitos físicos ou astronômicos destacam-se nitidamente (Langui e Nardi, 2007). Diante de tal dificuldade, acredita-se ser relevante utilizar o contexto histórico para abordar conceitos físicos ou astronômicos.

Pesquisas envolvendo a abordagem de conhecimentos relacionados à Astronomia ou Astrofísica, de forma interdisciplinar, por meio de contextos históricos, são desenvolvidas por diversos pesquisadores, por exemplo, Horvath (2013), Martins (2006b), Moreira e Proença (2017).

Acrescenta-se a isso a indicação de diversos autores ressaltando a falta de material didático que aborde de forma coerente o contexto histórico no ensino de ciências (Martins, 2006a; Langhi e Nardi, 2007; Nascimento, Carvalho e Silva, 2016).

Considerando a problemática exposta aqui, retomamos as questões que norteiam nosso estudo: Como abordar adequadamente ideias relacionadas à Astronomia por meio da evolução histórica, contemplando documentos normativos e os principais aspectos relacionados à natureza da ciência e o desenvolvimento do pensamento científico? Quais são as possíveis vantagens ou desafios desse tipo de abordagem?

Também é relevante refletir sobre a adequação da metodologia de ensino que utiliza a história como ferramenta para a conceituação de noções astronômicas ou físicas, é justamente isso que alvejamos neste capítulo, e que fornece subsídios para a elaboração da sequência didática proposta neste trabalho.

Utilizamos como referências teóricas as ideias de alguns autores (Martins, 2006b; Fazenda, 1994; Guerra *et al.*, 1998; Luck, 1994, Nobre,

2004) que defendem a incorporação de contribuições contemporâneas da Historiografia e da História da Ciência às Histórias da Física e Astronomia, propondo uma revisão crítica dessas áreas.

De acordo com Nobre (2004), textos de História das Ciências, são passíveis de diferentes interpretações, que podem ser influenciadas por aspectos sociais, políticos ou filosóficos, quanto maior for a quantidade de informações a respeito de determinado acontecimento histórico menor será a margem para diferentes interpretações, que algumas vezes podem ser conflitantes ou imprecisas cronologicamente, por outro lado, quanto menor for a quantidade de informações, mais suscetíveis a conflitos e descrições imprecisas o acontecimento histórico estará, esse fato também pode levar a descrições históricas que podem prejudicar a abordagem de certos conceitos e conteúdos no ensino.

Coisas que eram assumidas como verdades absolutas transformam-se em verdades relativas, o que leva historiadores a realizarem análises críticas em obras escritas no passado, com o intuito de efetivarem as necessárias correções. Esse fato gera um ciclo: com o aprofundar das investigações históricas, novas verdades são descobertas, novas interpretações são dadas a elas e a escrita da história ganha novos direcionamentos (Nobre, 2004, p. 532).

Esse mesmo autor apresenta exemplos de três situações nas quais a história relatada pode não representar a veracidade dos fatos, a saber: informações históricas sem provas concretas; informações históricas distorcidas e informações históricas ocultas.

Como exemplo de informações históricas sem provas concretas ele cita Thales de Mileto e a previsão de um eclipse cuja prova nunca fora encontrada, além disso, tal previsão é anacrônica de acordo com dados atuais. Como exemplo de informações históricas distorcidas ele cita a disputa acadêmica relativa à descoberta do Cálculo Diferencial e Integral, travada por Isaac Newton e Gottfried Wilhelm Leibniz. Destaca-se que o primeiro acusou o segundo de plágio e por utilizar de sua influência acadêmica ganhou a disputa, entretanto posteriormente à morte do segundo, foram encontrados manuscritos que provaram que ambos fizeram suas descobertas independentemente. Em relação às informações históricas ocultas, cita como

exemplo o processo ao qual fora submetido Galileu Galilei, pela Igreja Católica, referente à aceitação ou não da representação heliocêntrica para o sistema planetário.

Seja em um dos três casos mencionados, ou em qualquer outra situação que envolve análise historiográfica, o papel do historiador é sempre estar atento à origem das informações que recebe e à diversidade dos caminhos que levaram à concepção do fato histórico consumado. Informações históricas são, naturalmente, oriundas de interpretações e somente com uma análise crítica, a partir de elementos quantitativos, mas com base qualitativa, é que se pode ter clareza sobre a informação adquirida (Nobre, 2004).

Considerando equívocos cometidos nos textos que versam sobre História das Ciências, Martins (2001) analisa alguns erros comumente cometidos por autores que escrevem sobre essa temática, sem serem especialistas no assunto.

Alguns mitos e crenças relacionados à didática das Ciências são abordados por Acevedo *et al.* (2005). Nesse artigo encontram-se mitos apontados para a natureza das Ciências no ensino delas, indicando a complexidade inerente à prática docente envolvendo o uso da História das Ciências no ensino.

Diante do exposto até aqui, consideramos que não devemos fazer uso da História como fatos isolados, ou pequenos textos informativos como vemos em alguns livros didáticos, ou seja, sem nenhum tipo de problematização e totalmente descontextualizados.

Destaca-se ainda que noções de Astronomia e Astrofísica fazem parte da Proposta Curricular Paulista (São Paulo, 2011), entretanto a relação entre Física e Astronomia não é apresentada aos estudantes” (Vieira, 2018, p.10).

Outro fator a ser considerado está relacionado aos conhecimentos prévios dos alunos, que se baseiam fortemente no senso comum, levando a vários equívocos conceituais e ao desconhecimento da própria natureza do ser humano e do universo, sem falar dos equívocos relativos à natureza da Ciência (Vieira, 2018).

Considerando que um dos objetivos desta pesquisa é investigar,

desenvolver e propor uma sequência didática para explorar adequadamente o contexto histórico e filosófico, no ensino de Astronomia, faz-se necessário apresentar por meio de um levantamento bibliográfico um breve panorama de pesquisas que abordam a mesma temática, isto é, textos que utilizam o contexto histórico no ensino de Astronomia.

Os procedimentos para o desenvolvimento do levantamento bibliográfico contemplam aspectos de uma pesquisa exploratória, de cunho teórico, que inclui o estudo bibliográfico de teses, dissertações, artigos científicos, livros de História da Astronomia e História da Física.

De acordo com Gil (2014, p. 27), “Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato”.

Neste trabalho vamos nos restringir a apresentar um levantamento bibliográfico envolvendo artigos científicos que utilizam o contexto histórico ou filosófico no ensino e aprendizagem de Astronomia.

Inicialmente para realizar o levantamento bibliográfico consultamos o Portal de Periódicos da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e fizemos uma busca utilizando palavras-chave, foi considerado o período de 1996 a 2021.

Utilizando apenas a palavra ‘Astronomia’ foram exibidos 19.582 resultados, diante do grande número de ocorrências realizamos uma nova busca, agora com as palavras-chave ‘Astronomia e História’, resultando em 1.368 resultados. Considerando ainda um número alto de ocorrências e muitos trabalhos que fogem ao interesse de pesquisa, tentamos mais uma vez reduzir o foco para melhor atender o objeto de pesquisa.

Procedemos com uma nova tentativa, agora utilizando as seguintes palavras, ‘Astronomia, História e Ensino’, obtendo agora 316 resultados. Entre tais resultados, observamos textos que envolvem: artigos (169), bases de dados (107), livros (39) e teses (01).

Para este trabalho optamos por explorar os 169 artigos, investimos na leitura dos títulos e respectivos resumos, buscando identificar os artigos que de fato investigaram ou exploraram o uso da história da Astronomia para o ensino

de conceitos astronômicos na Educação Básica. Desses, apenas três eram de fato relacionados à nossa temática de pesquisa.

Considerando a pequena quantidade de artigos sobre o tema de nosso interesse, decidimos explorar a Revista Brasileira de Ensino de Física (plataforma Scielo), por se tratar de uma importante revista para a comunidade científica, professores, alunos e público em geral interessados em ensino de Física ou Astronomia.

Utilizamos na busca as palavras-chave 'Astronomia e Ensino', resultando 60 artigos, consideramos o período de 2001 a 2021. Por meio da leitura dos títulos e resumos, identificamos quatro artigos que envolviam o ensino de Astronomia por meio da História.

Abaixo apresentamos algumas considerações acerca dos sete artigos selecionados, considerando que certamente complementam as obras que citamos anteriormente nesse texto.

No artigo intitulado "A Astronomia, a Historiografia da Ciência e os Livros Didáticos: Uma História Mal Contada?", os autores Nascimento, Carvalho e Silva (2016), identificaram o uso inadequado da História da Astronomia em livros didáticos de Ciências.

Eles investigaram "a qualidade da inserção dos relatos históricos relacionados à História da Astronomia em livros texto de Ciências, no Ensino Fundamental, utilizados em escolas da rede pública" (Nascimento, Carvalho e Silva, 2016, p. 40) de um estado brasileiro.

Considerando que em geral os professores utilizam os recortes históricos que constam em livros didáticos para abordar o ensino de Astronomia, é bastante preocupante o resultado da pesquisa aqui citada, pois foi identificado repetidamente diversos equívocos em relação à concepção de Ciência, o que pode gerar um visão errônea do desenvolvimento do conhecimento científico, além de erros conceituais e históricos, o que além de não contribuir com o ensino de Astronomia, prejudica e torna consideravelmente precária a aprendizagem científica, propiciando uma visão totalmente distorcida da ciência.

Ainda a respeito do uso da História da Astronomia em livros didáticos,

Almeida e Menezes (2020) em seu artigo intitulado “A História da Astronomia nos Livros de Ciências Naturais dos Anos Finais do Ensino Fundamental do PNLD 2017-2019”, tinham como objetivo analisar se os livros didáticos de Ciências Naturais têm inserido a História da Astronomia e como essa é abordada.

Eles analisaram treze coleções de livros didáticos aprovados pelo Plano Nacional de Livros Didáticos (PNLD) em 2017, identificaram que houve um certo avanço em relação ao uso da História da Astronomia em tais livros, com a redução de erros conceituais, e um aumento no uso da História como recurso para o ensino de Astronomia.

No entanto, os autores afirmam que ainda há diversos aspectos relativos à História da Astronomia que são abordados de maneira deficiente na maior parte dos livros analisados (Almeida e Menezes, 2020).

Um relato acerca do uso da história no ensino de conceitos astronômicos é encontrado no artigo intitulado “Johannes Kepler no Clube da Lua: a descoberta da história de um dos fundadores da Astronomia moderna por crianças” de Alvaide e Pugliese (2020). Por meio de uma pesquisa ação, com o objetivo de contribuir com a alfabetização científica, e colaborar com a formação de cidadãos críticos e reflexivos, as autoras desenvolveram diversos tipos de atividades em um clube de Astronomia, em uma escola pública, junto a crianças do 3º ano do Ensino Fundamental, tendo como figura central Johannes Kepler.

Como principais resultados destacam-se potencialidades para se utilizar a História da Astronomia no ensino. Segundo as autoras

O desenvolvimento de uma temática de História da Ciência se mostrou válida e produtiva, uma vez que despertou o interesse das crianças e foi constatado o envolvimento dos mesmos nos desdobramentos explanados anteriormente. Assim, as práticas pedagógicas presentes, também contribuíram para a valorização deste meio pouco explorado neste nível de ensino, apontando ainda suas possibilidades (Alvaide e Pugliese, 2020, p. 780).

Com o objetivo principal de explorar e abordar o cálculo de distâncias astronômicas Freitas, Santucci e Marques (2021), apresentam no artigo “Reinventando o método de Aristarco” dois experimentos envolvendo as

distâncias da Lua e do Sol em relação à Terra. Em seu artigo, os autores retomam em linguagem moderna o procedimento para estimar distâncias e tamanhos relativos da Terra, Sol e Lua.

Eles sinalizam a possibilidade de que professores, por meio de problematizações, explorem o contexto histórico na abordagem dos conceitos e conteúdos abordados no artigo (Freitas, Santucci e Marques, 2021).

No artigo intitulado “O Sonho de Johannes Kepler: uma tradução do primeiro texto de hard sci-fi”, Ribeiro (2018) apresenta em suas considerações finais a sugestão de diversas abordagens didáticas para a Educação Básica, explorando a tradução do texto “**Somnium**” de Johannes Kepler, principal objeto de seu texto.

É importante destacar aqui que apesar das sugestões indicada nesse artigo, o autor não realizou qualquer tipo de experiência com tais sugestões com alunos da Educação Básica, tampouco fundamentou teoricamente suas sugestões com referenciais teóricos ou formalizou algum tipo de material didático em seu texto.

Uma proposta didática, apresentada passo a passo, com o uso da História da Astronomia, atrelado à construção de uma maquete, é encontrada no artigo “Construção de uma maquete de sistema planetário como atividade auxiliar ao ensino de astronomia nos cursos de física” de Filho *et al.* (2017).

Os autores têm como principal objetivo propor a abordagem do sistema solar por meio da construção de uma maquete, explorando as perspectivas espacial e dinâmica dos movimentos dos planetas.

Eles sugerem uma discussão histórica, afirmando que “[...] o uso dessa maquete aliada à contextualização histórica, filosófica e observacional fornecerá reforço à compreensão das motivações que tiveram os antigos sábios em sustentarem o geocentrismo, mesmo diante de sua complexidade dada pela inserção dos epiciclos para explicarem as laçadas planetárias” (Filho *et al.*, 2017, p. 08).

No artigo intitulado “Cosmográficos: representando o espaço ao longo do tempo” Ribeiro (2016) explora um livro de divulgação científica de Michael Benson, que de acordo com o autor, é artista e escritor, essa obra (o livro)

apresenta a História da Astronomia de uma maneira não usual, explorando representações gráficas de diversos fenômenos e corpos celestes no decorrer da história, enfatizando a natureza da ciência e duas características humanista e cultural.

De acordo com Ribeiro (2016) “[...] o livro de Benson pode se revelar de grande valia para os professores de física de ensino médio, dada a importância de se conhecer a história da astronomia, [...] e também pelas interconexões entre o conteúdo programático e a história da ciência que sua leitura permite inferir” (Ribeiro, 2016, p. 01).

Finalizando este capítulo, destacamos que de acordo com essa breve revisão de literatura identificamos poucas pesquisas que propõem o uso da História da Astronomia no ensino de conceitos físicos ou astronômicos, apesar de vários autores defenderem a relevância e potencialidade desse tipo de abordagem.

Salientamos também que de acordo com as pesquisas aqui citadas, os livros didáticos utilizados na Educação Básica estão longe de apresentar de forma adequada a História da Astronomia em si, que dirá o uso dessa História no ensino de Astronomia.

CAPÍTULO 3

3.1 Algumas Contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia

Neste capítulo destacaremos alguns aspectos fundamentais das contribuições de um dos mais importantes astrônomos, cuja colaboração está relacionada ao desenvolvimento de métodos e instrumentos astronômicos, mas também na própria filosofia da ciência, nos referimos a Tycho Brahe.

Não temos aqui a pretensão de fornecer uma biografia completa de Tycho Brahe, ou mesmo uma discussão histórica ou filosófica aprofundada sobre a obra, suas motivações e contribuições, pois esses aspectos já são contemplados por outros pesquisadores, como Tossato (2004, 2020, 2022); Gingerich (2005) e Medeiros (2001) e serviram de base para a escrita do presente capítulo. A escolha dessas referências leva em consideração as ideias de Nobre (2004) e Martins (2001), citadas por nós no capítulo anterior.

Destacamos aqui alguns episódios acerca das contribuições de Tycho Brahe, especialmente aqueles que serão explorados no desenvolvimento e aplicação da sequência didática, ou seja, serão abordados em sala de aula, visando abarcar noções astronômicas, aspectos relacionados ao desenvolvimento de conhecimentos científicos e a natureza das ciências.

Tycho Brahe pertencia a uma nobre família dinamarquesa, seu nascimento ocorreu em 1546. Outro grande astrônomo havia morrido três anos antes dessa data, nos referimos a Nicolau Copérnico.

Antes de seguir adiante, é importante destacar que as observações realizadas por Tycho Brahe e seus colaboradores não contavam com o uso de telescópio, visto que tal instrumento é posterior a sua morte, esse fato por si só já fornece indícios do importante papel que Brahe tem para a Astronomia, pois seus métodos e instrumentos, além de melhorar consideravelmente os dados observacionais, foram fundamentais para fornecer uma nova visão acerca da Astronomia e propiciar o avanço dessa ciência (Tossato, 2022).

Os trabalhos de observação desenvolvidos por Tycho Brahe e suas

previsões no campo da Astrologia¹ foram fundamentais para conseguir patrocínios, aliás, um de seus grandes patrocinadores foi o rei Frederic II, rei da Dinamarca, possibilitando que Brahe construísse um gigantesco observatório chamado Uraniborg, na ilha de Hven, entre a Dinamarca e a Suécia, na época essa região fazia parte da Dinamarca, mas hoje pertence à Suécia (Medeiros, 2001).

Pode-se dizer que Uraniborg, além de um grande observatório, serviu também como uma espécie de escola de Astronomia, pois possuía uma grande biblioteca, além de vários tipos de instrumentos astronômicos, que foram inventados ou aperfeiçoados por Tycho Brahe. Lá ele recebeu vários alunos e colaboradores, como Christian Sorensen, conhecido como Longomontanus (Medeiros, 2001).

Brahe também trabalhou como astrônomo da corte para o imperador da Boêmia, em Praga. Sem dúvidas, como veremos neste texto, suas colaborações foram marcantes, e sua influência nos trabalhos (teoria e método) de Johannes Kepler inquestionável, assim como seu papel fundamental para o desenvolvimento da Astronomia. Na sequência indicaremos alguns fatos importantes a respeito de Brahe.

3.2 A Nova de 1572 e o Cometa de 1577

No ano de 1572 ocorreu um fenômeno que mudaria os rumos da Astronomia, foi observado por vários astrônomos uma estrela jamais vista anteriormente, sua importância está no fato de colocar em xeque vários dogmas da cosmologia aristotélica. Tycho Brahe foi um desses astrônomos, e sobre isso ele escreveu:

“Maravilhado, e como se estivesse atônito e estupefato, eu fiquei parado com meus olhos fixos intensamente sobre ela. Quando eu me convenci de que nenhuma estrela desse tipo jamais brilhou antes, fui levado a tal perplexidade pela incredulidade da coisa, que comecei a duvidar de meus próprios olhos”² (Brahe, 1602, p. 174, apud Gingerich, 2005, p. 3, tradução nossa).

¹ Ressaltamos que os trabalhos mais importantes de Brahe foram no campo da Astronomia. Em particular, a observação da nova de 1572 deu a Tycho Brahe um grande reconhecimento.

² “Amazed, and as if astonished and stupefied, I stood still with my eyes fixed intently upon it. When I had satisfied myself that no star of that kind had ever shone forth before, I was led into such perplexity by the unbelievability of the thing that I began to doubt my own eyes”

De fato a Nova de 1572 pode ser considerada como um divisor de águas, ela situava-se na constelação de Cassiopéia, seu brilho era tão intenso que foi visto durante o dia, e de imediato percebeu-se que se tratava de um novo corpo celeste, uma vez que localizava-se em um lugar no qual jamais havia sido observado uma estrela.

Na ocasião Tycho Brahe estava com apenas 26 anos, mas já tinha uma evoluída intuição de astrônomo, principalmente relacionado aos aspectos observacionais. Utilizando suas habilidades, ele observou e fez registros do novo corpo celeste de novembro de 1572 a março de 1573, quando a estrela desapareceu (Tossato, 2004).

Como dissemos anteriormente, vários astrônomos observaram a Nova de 1572, entretanto é possível indicar uma certa diferença nas ideias de Tycho Brahe quando comparado a outros.

Destacam-se as habilidades de Brahe para fazer observações, além disso, era um exímio construtor de instrumentos para observação, soma-se a isso os aprimoramentos que fez em instrumentos já existentes, o que lhe possibilitou alcançar uma precisão bem melhor do que as já existentes e fazer conjecturas mais significativas a partir de seus dados.

Com suas habilidades em observação, Brahe se defronta com a seguinte questão, se a estrela observada fosse uma nova estrela fixa, então não teria paralaxe, visto que estrelas fixas não apresentam tal característica, ou seja, não apresentam movimentos, e justamente por isso são denominadas estrelas fixas.

É importante lembrar que na cosmologia aristotélica, as estrelas fixas estavam localizadas exatamente na abobada celeste, já os fenômenos atmosféricos como, cometas, meteoros e meteoritos, entre outros, teriam uma paralaxe, em outras palavras, têm mudanças de altitude e longitude no céu.

Sendo assim, a Nova de 1572 serviria para colocar a prova a teoria aristotélica considerando o mundo supralunar, cuja a tese era a de que os céus eram imutáveis, nada de novo poderia surgir nos céus, além de tudo que já existia.

Considerando a cosmologia aristotélica, Tycho Brahe procedeu da

seguinte forma, sabia-se que a paralaxe da Lua durante o dia era de aproximadamente um grau, então ao medir a paralaxe da nova estrela ele deveria encontrar um valor maior do que um grau, caso a Nova estivesse mais perto do que a Lua (Tossato, 2004).

Tycho Brahe publicou em 1573 a obra intitulada “De nova stella”, na qual apresenta os resultados de suas observações e coleta minuciosa de dados, ressaltando que a nova estrela, que na verdade não era uma nova, mas sim uma supernova, localizada na constelação de Cassiopéia, não apresentou qualquer tipo de paralaxe que pudesse ser observada, concluindo dessa forma que não foi identificada qualquer mudança de posição, sendo assim, estava além da esfera da Lua.

Os resultados de Brahe, apresentados no “De nova stella”, tiveram um impacto considerável nas ideias de outros astrônomos, levando-os a tecer críticas à visão de imutabilidade do mundo celeste que era um dos pilares da cosmologia aristotélica. Apesar de que nessa obra não foi apresentado nada que confrontasse a existência de esferas sólidas de cristal no céu.

Mas em 1577 o aparecimento de um cometa põe à prova essa teoria.

Aristóteles entendeu os cometas como fenômenos atmosféricos e os explicava dizendo que da Terra, quando aquecida pelo Sol, surgem dois tipos de consequências: ou fumaças secas ou nuvens úmidas. As fumaças procuram o seu lugar natural e sobem acima das nuvens; as nuvens, por sua vez, condensam-se e caem, obrigando as fumaças que estão subindo a irem para baixo; quando isso acontece, elas se inflamam e originam fenômenos, tais como estrelas cadentes ou meteoros. Quando as fumaças sobem muito alto, quase até o limite da camada celeste, inflamam-se muito mais e, desse modo, surgem os cometas (cf. Aristóteles, *Meteo*, i, 7, 344a5-344b17; Matsuura, 1985, p. 51, apud Tossato, 2004, p. 546).

No século XVI, a maioria dos cientistas aceitava essa concepção aristotélica, segundo a qual os cometas eram vistos não como fenômenos celestes, e sim fenômenos terrestres. Entretanto, o segundo grande e inesperado fenômeno da década de 1570 estourou no palco estelar, o então Cometa de 1577. Mais uma vez Brahe teve uma ideia sobre o que fazer. Ele iria procurar uma paralaxe diurna para ver se estava mais perto do que a Lua (Tossato, 2004).

Mais tarde, em 1578, Brahe escreve um pequeno texto conhecido como Tratado germânico, no qual relatou suas observações sobre o cometa e sua

interpretação do fenômeno. Após cuidadosas observações do tamanho do cometa, da distância, da posição, da altura etc., ele apresentou os resultados, no qual o cometa tem uma paralaxe menor do que a da Lua, rompendo assim, mais uma vez, com a interpretação aristotélica aceita pelos cientistas da época. Com isso, Brahe conclui que o cometa está além da esfera da Lua, perto da esfera de Vênus, caminhando nos céus (Tossato, 2004).

Essa conclusão é contrária as ideias de Aristóteles, pois para ele cometas se localizavam acima da Terra, e não poderiam ser gerados nos céus. De acordo com Brahe, Aristóteles estabeleceu isso sobre a base de seu próprio pensamento, e não por meio de observações ou demonstrações matemáticas, como defende Brahe para o estudo desse e de outros fenômenos astronômicos. Para ele, Aristóteles fez uso de sua “concepção heterogênea de mundo”, e a partir de então tirar conclusões acerca da natureza e localização dos cometas, considerando duas partes: “celeste inalterável e terrestre alterável” (Tossato, 2004, p.546).

É importante destacar que as observações e dados de Brahe impuseram sérios questionamentos sobre o mundo celeste inalterável, gerando a necessidade de rever os dogmas aristotélicos, já que com a Nova de 1572, ele mostra o surgimento de um corpo na região das fixas, ferindo o princípio aristotélico de que nada novo poderia surgir nessa região (Tossato, 2004).

Por outro lado, com o cometa de 1577, Brahe mostrou que um objeto celeste localizado acima da esfera da Lua pode percorrer os céus, e coloca novos questionamentos aos dogmas, pois um corpo sólido não poderia atravessar a esfera sólida de cristal. Assim, mais uma vez Brahe coloca em debate as concepções aristotélicas³, nesse caso, questiona-se seriamente a existência de esferas sólidas de cristais (Tossato, 2004, pp.547-548).

Considerando apenas os dois exemplos apontados nos parágrafos anteriores (a Nova e o Cometa), é possível observar e refletir a respeito da importância de Brahe para o desenvolvimento científico da Astronomia, muito

³ Ressaltamos que os dados obtidos por Brahe mostram elementos contrários à teoria aristotélica dominante na época, entretanto não se rompe completamente com o aristotelismo nesse momento, mas o coloca em dúvida, gerando possibilidades para outras explicações, por exemplo, o modelo heliocêntrico proposto posteriormente por Kepler.

além daquilo que geralmente é afirmado sobre ele em livros didáticos, relatando seus dados observacionais ou seus instrumentos (quando tais relatos são encontrados). Conjecturamos que, em geral, os livros didáticos simplificam demasiadamente a construção do conhecimento científico.

Isso mostra como a ciência avança, e que as teorias científicas não são verdades eternas, mas servem de hipóteses e modelos para a explicação de fenômenos, além disso, explicita a participação e colaboração de diversos cientistas na evolução do conhecimento científico, ou seja, tratam-se de construtos humanos, desenvolvidos em sociedades, considerando aspectos culturais, políticos, sociais, financeiros, religiosos, entre outros aspectos inerentes a sociedade, e que tais valores não são imutáveis. Esses aspectos relacionados à natureza das ciências serão explorados na sequência didática.

3.3 Modelo Híbrido de Universo

Conforme apresentado por Tossato (2004, pp.548-551), em 1588 Brahe publicou seu livro “De mundi”, onde desenvolveu a base do seu modelo híbrido de universo. Para elaborar esse modelo, ele utilizou alguns aspectos do copernicanismo e rejeitou outras características, fazendo o mesmo com os modelos ptolomaicos. Para ele, a disposição dos corpos celestes (Terra ao centro, seguida da Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Saturno, Júpiter e estrelas fixas) nos modelos de Ptolomeu não estavam corretas; outro aspecto criticado é a utilização de grande número de epiciclos e o uso do equante, um ponto fictício que não corresponde a qualquer coisa física (Tossato, 2004).

Por outro lado, Brahe manteve as concepções cosmológicas centrais, provindas principalmente de Aristóteles, de que a Terra é o centro de movimentos e que o Sol gira ao seu redor.

Em relação a Copérnico, Brahe considera que colocar a Terra em movimento dá conta de explicar os movimentos de retrogradação dos planetas, entretanto gera questionamentos físicos, como é o caso do objeto sendo jogado verticalmente do topo de uma torre, pois, se admitirmos os movimentos da Terra, de acordo com ele, o objeto que cai dessa torre não chegaria ao pé dela, mas sim consideravelmente distante. Além dos questionamentos físicos, Brahe também aponta inconsistências do ponto de vista teológico, uma vez que nas

escrituras sagradas há harmonia com a Terra estática e não em movimento (Tossato, 2004).

O modelo proposto por Brahe coloca a Terra no centro, com a Lua e o Sol girando ao seu redor, eliminando os problemas físicos, além disso, ele coloca outros planetas girando em torno do Sol, resolvendo assim o grande número de epíclis e deferentes, além do equante, como podemos ver em Tossato (2004, pp. 549-551).

Entretanto, apesar de Brahe resolver alguns problemas apontados por ele em outros modelos, em seu próprio modelo identificam-se outros inconvenientes, por exemplo, a intersecção da órbita de Marte com a órbita do Sol, o que é irrelevante, uma vez que as esferas sólidas de cristal não existem (não são consideradas em seu modelo), mas isso gera outra questão, se não há esferas sólidas de cristal que seriam responsáveis pelos movimentos dos planetas, quais seriam então as causas dos movimentos dos planetas no vazio? (Tossato, 2004).

É importante destacar que as respostas para questionamentos como esse indicado no parágrafo anterior, suscitavam o desenvolvimento de “novos” conceitos físicos, que só viriam a surgir inicialmente com Kepler, e posteriormente, de forma mais sistemática e formalizada com Newton. Ou seja, considerou-se uma “espécie de ação à distância” (Tossato, 2004, p. 551).

Ressalta-se ainda a importância do período que vai da publicação do *De revolutionibus* em 1543 por Copérnico até Kepler e Galileu em 1610, conforme destacado por Tossato (2004, p. 552), já que nesse período vários questionamentos foram impostos aos modelos planetários aristotélicos, ptolomaicos e copernicano, e os trabalhos observacionais e instrumentais de Brahe tiveram um papel preponderante, não só do ponto de vista empírico com dados observacionais mais precisos e com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentos astronômicos, mas também do ponto de vista de questionamentos teóricos e metodológicos da ciência e principalmente da Astronomia (Tossato, 2022). Considerando ainda eventos astronômicos relevantes para o desenvolvimento da Astronomia, como a Nova de 1572 e o cometa de 1577.

Observamos que o modelo híbrido, proposto por Brahe, no período citado

no parágrafo anterior, traz elementos do modelo ptolomaico e aristotélico, como o geocentrismo, e elementos heliocêntricos do copernicanismo, mas refuta várias outras características desses modelos, conforme citamos anteriormente, e que podem ser vistos de forma mais aprofundada em Tossato (2004), destaca-se também a influência que os questionamentos propostos por Brahe teve no trabalho de outros ilustres astrônomos como Kepler e Galileu. Conforme destacado por Tossato:

Brahe, apesar de não ser o dono das hipóteses reclamadas por ele na carta a Kepler de 9 de dezembro de 1599, elaborou um modelo de universo que, mesmo partindo de suposições que não foram aceitas por Kepler e Galileu, mostrou os problemas que ambos tiveram que tratar nas primeiras décadas do século XVII (Tossato, 2004, p. 556).

3.4 A influência de Brahe nas duas primeiras leis de Kepler

Nas páginas anteriores, com base nos escritos de Tossato (2004), já destacamos alguns aspectos importantes da influência de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia, para além daquilo que são indicados em alguns livros didáticos, quando o fazem, ou seja, o desenvolvimento de instrumentos de observação e seus dados empíricos de observação. Estamos nos referindo a sua influência nos métodos astronômicos para o desenvolvimento de teorias e modelos cosmológicos.

Conforme exposto no artigo de Tossato (2004), no ano de 1599, Brahe enviou uma carta a Kepler, na qual tece comentários a respeito do livro publicado por Kepler, o “Mysterium cosmographicum” de 1596. Tossato (2004) identifica nessa carta aspectos fundamentais que nos permitem observar as discussões acerca das hipóteses e dos métodos em debate no desenvolvimento de modelos cosmológicos naquela época, e principalmente explicita a influência de Tycho Brahe nos trabalhos posteriores desenvolvidos por Kepler.

É importante destacar, que apesar da cordialidade que pode ser observada em alguns trechos da carta, Brahe discordava de forma veemente dos métodos utilizados por Kepler (nesse livro) para descrever os movimentos planetários, por meio de sólidos geométricos perfeitos, e principalmente, por Kepler fundamentar seu modelo de forma *a priori*, ou seja, a teoria era desenvolvida utilizando argumentos metafísicos sem base em dados rigorosos obtidos por meio de observações.

Segundo essa hipótese, a estrutura do universo é construída pela inscrição e circunscrição dos cinco sólidos perfeitos – cubo, pirâmide, dodecaedro, icosaedro e octaedro – nas esferas orbitais dos seis planetas – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno –, admitindo-se, segundo Copérnico, o Sol como centro (Tossato, 2004, 559).

Brahe defendia que modelos planetários não deveriam ser desenvolvidos com base em hipóteses *a priori*, com hipóteses metafísicas que não podiam ser verificadas empiricamente, por meio de fenômenos celestes observados. Para ele, o modelo planetário deveria ser desenvolvido a partir das observações, em outras palavras, deveria deduzir-se as causas partindo-se do efeito, isto é, *a posteriori*, e não o contrário como feito por Kepler no livro aqui citado. “Enquanto Kepler vai da causa ao efeito, Brahe faz o caminho inverso, dos efeitos para a causa” (Tossato, 2004, 559).

Os dados precisos obtidos por Brahe não estavam em harmonia com seu modelo híbrido, de acordo com Tossato (2004) a cordialidade observada na carta de Brahe para Kepler, justificava-se pelo suposto interesse de Brahe em contratar Kepler para auxiliá-lo a ajustar e desenvolver o seu modelo híbrido, auxiliando-o a elaborar um modelo para o movimento dos planetas condizente com seus dados observacionais precisos.

Brahe fez duras críticas aos métodos de Kepler em carta que enviou para Mästlin mestre de Kepler na época, isso pode ser visto em detalhes no artigo de Tossato (2004). Depois das cartas trocadas e de contatos pessoais com Brahe, principalmente na ocasião em que trabalharam juntos, Kepler altera seus procedimentos teórico-metodológicos, isso pode ser observado “[...] principalmente na Astronomia Nova publicada em 1609, que se pode notar a influência de Brahe para a elaboração das leis dos movimentos planetários” (Tossato, 2004, p. 562).

Tossato também afirma que:

Dados o objetivo (reformulação da teoria astronômica) e os métodos (análise das três principais hipóteses em jogo pela admissão de causas físicas), tem-se a via mestra para a elaboração do trabalho feito na obra de 1609, na qual não se tem, como tinha em 1596, um modelo prévio, *a priori*, conduzindo a análise dos resultados. Assim, acredito que a Astronomia nova deve ser compreendida como uma obra que expressa uma mudança de direção metodológica devida à influência de Brahe (Tossato, 2004, p. 562).

De acordo com Tossato (2004), é notável a mudança metodológica na obra de Kepler, publicada em 1609, uma vez que se nota que ele ao se debruçar sobre questões envolvendo a órbita ou o movimento de planetas, observa-se o estudo de possibilidades, formula hipóteses teóricas, entretanto leva a cabo apenas aquelas que estão em harmonia com os dados observacionais.

Enfim, finalizando este capítulo, é fundamental ressaltar que quando Kepler desenvolve as duas primeiras leis dos movimentos planetários (a lei da forma elíptica, segunda a qual os planetas percorrem movimento elípticos em torno do Sol, que está num dos focos da elipse, e a lei das áreas que determina que os planetas percorrem áreas iguais em tempos iguais), é possível notar não apenas a importância dos dados observacionais de Brahe, mas principalmente, a importância de sua orientação metodológica *a posteriori* e de que o conhecimento deve ser elaborado a partir das informações observacionais.

CAPÍTULO 4

4.1 Fundamentação Teórica e Organização da Sequência Didática

Na elaboração da Sequência Didática aqui proposta nos inspiramos nas sugestões indicadas por Praxedes e Peduzzi (2009), ainda que as mesmas se referiam a cursos de formação inicial ou continuada de professores de física. Realizamos adaptações e modificações para elaborar uma sequência destinada aos alunos do Ensino Médio.

Como referencial teórico utilizamos os três momentos pedagógicos e a dimensão de problematização propostas por Delizoicov (2001). Conforme destaca esse autor, os conhecimentos do senso comum, chamados de concepções alternativas, podem servir de obstáculos na construção do conhecimento científico.

Acreditamos, assim como ele, que confrontar esses obstáculos por meio dessas concepções perante outros conhecimentos, nos casos históricos ou científicos, pode auxiliar o estudante a superar e reformular suas concepções alternativas.

Dessa forma, defendemos assim como Delizoicov (2001), que os estudantes podem construir novos conhecimentos superando os obstáculos impostos por possíveis concepções alternativas.

Realmente, se considerarmos que algumas concepções alternativas relativas à história da ciência, ou mesmo à natureza da ciência, podem ser relacionadas as abordagens sugeridas em livros didáticos amplamente utilizados na Educação Básica, especialmente no Ensino Médio, então podemos inferir que em determinadas situações, algumas concepções alternativas podem ser consideradas obstáculos frequentes na vida escolar.

Citamos, no capítulo 1, diversas situações nas quais o uso inadequado da história da ciência pode levar a equívocos ou mesmo a erros conceituais, ou ainda, a uma visão extremamente distorcida do que é conhecimento científico, ou da construção do conhecimento científico ao longo da história, gerando assim concepções alternativas.

É nessa perspectiva que tomamos como referencial teórico, para o desenvolvimento da sequência didática aqui proposta, a noção de problematização proposta por Delizoicov (2001), buscando explorar e problematizar possíveis concepções alternativas para alavancar a construção de novos conhecimentos.

Inicialmente queremos destacar que apesar da importância normalmente dada às listas de exercícios e resolução de problemas que, em geral, são aplicações das teorias apresentadas pelos professores, aqui optamos por uma metodologia de ensino, na qual os estudantes são convidados a refletir, dar opiniões, expor suas interpretações e discutir suas ideias com base em questões ou proposições baseadas em leituras e discussões.

Em outras palavras, utilizaremos na sequência didática proposta, problematizações na dimensão e sentido indicados por Delizoicov (2001), em especial quando ressalta que:

[...] problematizar é também: 2 - um processo pelo qual o professor ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes, ou seja, questiona-os também. Se de um lado o professor procura as possíveis inconsistências internas aos conhecimentos emanados das distintas falas dos alunos para problematizá-las, tem, por outro, como referência implícita o problema que será formulado e explicitado para os alunos no momento oportuno bem como o conhecimento que deverá desenvolver como busca de respostas. A intenção é ir tornando significativo, para o aluno, o problema que oportunamente será formulado (Delizoicov, 2001, p. 06).

Com base nas considerações tecidas por nós na introdução do presente trabalho, acreditamos que as problematizações, no sentido destacado acima, são as estratégias de ensino adequadas para se explorar a história das ciências no ensino, em especial, aspectos relacionados ao desenvolvimento histórico da Astronomia e as contribuições de Tycho Brahe, servindo como um exemplo para essa nossa concepção.

Salientamos que estamos alinhados com as ideias de Delizoicov (2001) quando afirma que:

Podemos inferir, portanto, que uma das possibilidades de se considerar esta perspectiva de problematização está articulada ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de física, uma vez que se propiciaria a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes que culminaram com a produção dos modelos e teorias, o que teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido (Delizoicov, 2001, p. 07).

A organização da sequência didática aqui proposta leva em consideração, além da leitura do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe” de Medeiros (2001), os conhecimentos prévios dos estudantes em relação às noções de Astronomia citadas no artigo de Medeiros (2001), e a interpretação pontual que eles farão na primeira leitura, de modo que as problematizações que serão propostas aula a aula, devem abordar e confrontar as concepções alternativas dos estudantes, suas interpretações do texto, e as informações históricas envolvidas, como o próprio modelo para os movimentos planetários proposto por Tycho Brahe.

Assim sendo, o planejamento da Sequência Didática está organizado de modo a contemplar as ideias defendidas por Delizoicov (2001), em especial, quando afirma que:

Podemos planejar as atividades de sala de aula de tal modo que as explicações dos alunos, o seu conhecimento prévio, sobre as situações envolvidas nos temas escolhidos possam ser obtidas e problematizadas pelo professor, direcionando o processo de problematização para a formulação do(s) problema(s) que geraria(m) a necessidade de se trabalhar um novo conhecimento para o aluno (Delizoicov, 2001, p. 07).

É nessa perspectiva que abordaremos questões relacionadas às principais contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia, além de questões e problemas envolvendo aspectos relacionados à natureza das ciências e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos.

A organização da Sequência Didática está de acordo com os “momentos pedagógicos” defendidos por Delizoicov (2001, p.12). Segundo ele, os momentos pedagógicos se caracterizam em três momentos, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

O primeiro momento, denominado “problematização inicial”, ocorre quando o professor propõe aos alunos uma situação, ou questões iniciais, nas quais eles poderão atuar com seus conhecimentos prévios, ou mesmo suas concepções alternativas, trata-se de uma situação envolvendo fenômenos que sejam familiares ao estudante, como ressalta Delizoicov (2001).

É importante ressaltar que:

Neste primeiro momento, caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos frente às questões em pauta, a função coordenadora do professor se volta mais para questionar posicionamentos, inclusive fomentando a discussão das distintas respostas dos alunos, e lançar dúvidas sobre o assunto, do que para responder ou fornecer explicações (Delizoicov, 2001, p.13).

Na Sequência Didática que propomos a problematização inicial ocorrerá nas aulas 1 e 2, com algumas questões iniciais envolvendo noções que não são totalmente desconhecidas dos estudantes, por exemplo, o movimento da terra em torno do Sol, e questões relacionadas a cientistas, ou como se faz ciência.

Na aula 2, com a leitura do artigo em pequenos grupos e a indicação de noções físicas ou astronômicas desconhecidas ou mal compreendidas, esperamos identificar e problematizar algumas concepções alternativas dos alunos. Ou seja: “Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado, quando este é cotejado com o conhecimento de física que já foi selecionado para ser abordado” (Delizoicov, 2001, p.13).

O segundo momento pedagógico denominado “organização do conhecimento” é contemplado na sequência didática, nas aulas 3, 4, 5 e 6, nas quais o professor, de forma expositiva, dialogada e discutida com os alunos, apresentará o conhecimento de uma forma mais sistematizada, retomando trechos do artigo “Entrevista com Tycho Brahe” para abordar as noções astronômicas envolvidas, como os modelos históricos para a movimentação dos planetas, entre outras, e confrontando as concepções alternativas identificadas.

Conforme exposto por Delizoicov (2001), nesta etapa “Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento sob a

orientação do professor” (Delizoicov, 2001, p.13).

O terceiro momento pedagógico denominado “aplicação do conhecimento” proposto por Delizoicov (2001) é contemplado em nossa sequência didática na aula 7, na qual os alunos serão confrontados com algumas questões relacionadas implícita ou explicitamente com os temas selecionados e abordados na sequência, tais questões envolverão aspectos a respeito da natureza da ciência, da construção histórica do conhecimento científico, dos modelos para os movimentos planetários apresentados historicamente e as principais contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia.

De acordo com Delizoicov (2001), o terceiro momento pedagógico, ou seja, a aplicação do conhecimento,

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov, 2001, p.13).

Com a sequência didática consideramos contribuir para o desenvolvimento de importantes habilidades indicadas nas propostas curriculares, e na retomada ou aprofundamento conceitual de tópicos relacionados a Astronomia, com particular interesse por modelos históricos envolvendo os movimentos dos planetas e as contribuições de Tycho Brahe.

Buscamos assim propiciar aos estudantes a oportunidade de refletir sobre a humanidade e a construção do conhecimento científico, retomando estudos sobre as diferentes interpretações ou modelos dos movimentos planetários envolvidos na evolução histórica da Astronomia, com todas as suas controvérsias.

Considerando que a sequência didática é direcionada para estudantes do Ensino Médio, destacamos uma competência específica e habilidades, respectivamente, de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que poderão ser exploradas, de acordo a Base Nacional Comum Curricular:

Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e

fundamentar decisões éticas e responsáveis (Brasil, 2018, p. 542).

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo (Brasil, 2018, p.543).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p.545).

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (Brasil, 2018, p.545).

Agora apresentamos o planejamento da sequência didática, assim como os objetivos específicos de cada uma das aulas, além da descrição da sequência aula a aula.

Quadro 1 - Planejamento da Sequência Didática

Contribuições de Tycho Brahe à Astronomia			
Tempo previsto por encontro	Descrição	Tarefas	Avaliação
01 90 minutos	Apresentação da Situação Didática e Levantamento de Concepções Alternativas.	Responder as questões iniciais. Indicação dos movimentos planetários por meio textos ou desenhos.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a resolução das tarefas.
02 90 minutos	Leitura em grupo do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe”.	A partir da leitura indicar palavras desconhecidas, assim como noções físicas ou astronômicas.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a indicação de palavras ou noções físicas ou astronômicas desconhecidas.
03 90 minutos	Aula expositiva e dialogada envolvendo a biografia de Tycho Brahe.	Análise de trechos do artigo envolvendo a biografia de Tycho Brahe.	Participação nas aulas e nos diálogos.
04 90 minutos	Aula expositiva e dialogada com debates envolvendo a natureza das ciências.	Análise de trechos do artigo envolvendo a natureza das ciências.	Participação nas aulas e no debate.
05 90 minutos	Aula expositiva e dialogada com debates e apresentação dos modelos cosmológicos indicados no artigo.	Análise de trechos do artigo envolvendo os modelos cosmológicos e algumas implicações físicas.	Participação nas aulas, diálogos e debate.
06 90 minutos	Aula expositiva e dialogada envolvendo a natureza das ciências e as contribuições de Tycho Brahe à Astronomia.	Análise de trechos do artigo envolvendo as contribuições de Tycho Brahe à Astronomia e às leis de Kepler.	Participação nas aulas e nos diálogos.
07 90 minutos	Aplicação de questões envolvendo a natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.	Responder as questões propostas sobre as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a resolução das tarefas.

Fonte: o autor

Quadro 2 - Objetivos específicos de cada encontro

Contribuições de Tycho Brahe à Astronomia	
01 90 minutos	Apresentação da Situação Didática e levantamento de concepções alternativas em relação a aspectos envolvendo a natureza das ciências e produção de conhecimento científico, além de modelos históricos dos movimentos planetários.
02 90 minutos	Introdução ao estudo de alguns aspectos históricos relacionados à Astronomia, em especial as contribuições de Tycho Brahe e o estudo de alguns modelos dos movimentos planetários ao longo da história, além da natureza do desenvolvimento de conhecimentos científicos.
03 90 minutos	Apresentar a biografia de Tycho Brahe, assim como alguns traços sociais, culturais e políticos de cientistas e suas participações no desenvolvimento da ciência, em especial da Astronomia.
04 90 minutos	Abordar e discutir aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico.
05 90 minutos	Apresentar os principais modelos dos movimentos planetários ao longo da história, assim como os respectivos argumentos físicos utilizados em suas defesas.
06 90 minutos	Apresentar e discutir alguns aspectos relacionados a natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe à Astronomia.
07 90 minutos	Verificar se houve mudanças nas concepções alternativas dos estudantes em relação a aspectos envolvendo a natureza das ciências e a produção de conhecimento científico, além de observar se ocorreu o desenvolvimento de conhecimentos relacionados a alguns modelos históricos para os movimentos planetários e as principais contribuições de Tycho Brahe.

Fonte: o autor

4.2 Organização da Sequência Didática por Encontro (aula a aula)

Aqui apresentamos a sequência didática por encontro, o que permite uma organização aula a aula, visto que cada encontro equivale a duas aulas de 45 minutos. Destacamos cada uma das atividades que foram realizadas junto aos alunos, explicitando os aspectos que explorados e algumas das questões ou problematizações que propostas. Também indicamos as páginas que contém os trechos do artigo explorados com mais aprofundamento.

Antes do início da atividade é fundamental explicar aos estudantes que apesar de se tratar de um artigo fictício sobre uma entrevista com Tycho Brahe, os fatos históricos narrados são fundamentados em referências bibliográficas confiáveis.

Quadro 3 - Encontro 1

Responda as seguintes questões.

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 2 – Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar.

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Fonte: o autor

No encontro 1 da Sequência Didática é esperado que os alunos explicitem algumas concepções ou conhecimentos prévios a respeito de noções relacionadas à natureza das ciências e se conhecem alguns cientistas que normalmente são citados em livros didáticos ou aqueles que têm seus nomes em leis ou teorias científicas, além de concepções acerca dos movimentos dos planetas no sistema solar. Essa etapa, assim como o encontro 2, caracterizam-se como o primeiro momento pedagógico, intitulado “problematização inicial”.

Quadro 4 - Encontro 2

Encontro 2 – Leitura do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”⁴

Leia o artigo “Entrevista com Tycho Brahe”, durante a leitura faça anotações indicando as palavras desconhecidas, assim como as noções físicas ou astronômicas que você não conhece ou não tem certeza do que se trata. Posteriormente discutiremos todas as anotações.

Fonte: o autor

No encontro 2, com a leitura do artigo, é esperado que os alunos

⁴ O artigo “Entrevista com Tycho Brahe” encontra-se no Apêndice 1, e também pode ser acessado por meio do seguinte endereço eletrônico: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol02-Num2/a061.pdf>.

explicitem mais algumas concepções alternativas ou conhecimentos prévios, mas agora relacionados a conhecimentos mais específicos envolvendo noções de Física, Astronomia, entre outras, além de palavras desconhecidas. As indicações dos estudantes serão abordadas nos encontros posteriores.

Quadro 5 - Encontro 3

Encontro 3 – Alguns aspectos envolvendo a biografia de Tycho Brahe.

Aula expositiva e dialogada envolvendo a apresentação da biografia de Tycho Brahe, assim como seus traços sociais, culturais e políticos. Serão explorados em especial os diálogos que se encontram nas páginas 21, 22, 23 e 24 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”. Apesar da ênfase nessas páginas, a biografia de Brahe será abordada em toda Sequência Didática, juntamente com suas contribuições para as ciências e em especial para a Astronomia.

Fonte: o autor

Com o encontro 3 inicia-se o estudo mais aprofundado e sistemático de alguns trechos do artigo, por meio de leitura coletiva com problematizações, aqui caracteriza-se o momento pedagógico denominado “organização do conhecimento”. A aula será expositiva, dialogada, com debates e discussões, serão abordadas as anotações dos alunos envolvendo palavras e as noções físicas ou astronômicas desconhecidas ou mal compreendidas. Serão explorados os diálogos das páginas 21, 22, 23 e 24 do artigo com ênfase em aspectos relacionados a biografia de Tycho Brahe, seus interesses de estudos e alguns costumes. A ideia aqui é humanizar a “figura” dos cientistas.

Encontro 4 – Os interesses de Tycho Brahe.

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações para abordar aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico. Em especial, será explorado a característica da ciência como uma busca por explicações de fenômenos naturais e que o conhecimento científico é provisório e confiável. Serão exploradas partes do artigo que abarcam explicitamente os interesses de Tycho Brahe por Astrologia e Astronomia, além das motivações desse estudo. Aqui serão explorados os trechos do diálogo que se encontram nas páginas 22 e 23 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”.

Fonte: o autor

Com a problematização de diversos trechos dos diálogos nas páginas 22 e 23 do artigo buscar-se-á questionar e confrontar possíveis concepções alternativas indicadas pelos estudantes.

Vamos salientar que a imprecisão de dados observacionais anteriores só foi identificada séculos depois, e ressaltar que em dados momentos esses dados serviram para a elaboração de determinados modelos no passado, entretanto não contemplavam outros fenômenos, apontando a necessidade de dados mais precisos, com o aperfeiçoamento ou invenção de instrumentos de observação, evidenciando a evolução científica.

Outro aspecto importante é destacar a importância da Astrologia na história da Astronomia, explorar ainda o status da Astronomia e da Astrologia no mundo contemporâneo. Salientar que, em geral, a comunidade científica de uma determinada época estabelece vários critérios para delimitar o que é ciência e tudo aquilo que não é, entretanto tais critérios podem mudar ao longo do tempo.

Encontro 5 – Aspectos relacionados a ciência em construção

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações, serão explorados mais alguns aspectos da vida e personalidade de Tycho Brahe, além de algumas características de seu trabalho que evidenciam a ciência em construção, a necessidade de cooperação e investimento na ciência, para abordar aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico. Apresentar os principais modelos dos movimentos planetários ao longo da história, assim como os respectivos argumentos físicos utilizados em suas defesas. Aqui serão explorados trechos dos diálogos que se encontram nas páginas 23, 24, 25 e 26 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”.

Fonte: o autor

No encontro 5 vamos propor questionamentos e problematizações que possibilitem ao estudante compreender que⁵:

A produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, mas os experimentos não são a única rota para o conhecimento científico e são dependentes de teorias, já que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente (Henrique, Andrade e L´astorina, 2010, p.19).

⁵ Ressaltamos que essa é uma concepção de produção do conhecimento científico contemporânea, e não reflete as ideias defendidas por Tycho Brahe.

Encontro 6 – As principais contribuições de Tycho Brahe a Astronomia

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações, serão explorados alguns aspectos relacionados a natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe à Astronomia. Serão abordados trechos dos diálogos das páginas 25 a 30. Será ressaltada a necessidade de colaboração entre vários cientistas na construção de conhecimentos científicos, além das influências culturais, sociais, políticas e religiosas na construção desses conhecimentos. A importância e como se dá a interação entre teoria e dados experimentais na construção de conhecimentos científicos.

Fonte: o autor

No encontro 6 serão novamente abordados aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico, a colaboração entre vários cientistas, disputas e influências culturais, sociais, políticas e religiosas. Espera-se que os alunos compreendam que:

A ciência é uma construção coletiva. Evita-se a noção de que as teorias sejam realizadas apenas por gênios isolados. Por outro lado, é importante reconhecer o valor dos trabalhos dos grandes cientistas, evitando a ideia de que todas as contribuições sejam equivalentes (Henrique, Andrade e L´astorina, 2010, p.19).

Encontro 7 – Questões sobre as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e modelos geocêntricos e heliocêntricos.

Tarefa individual. Serão propostas questões envolvendo as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.

Questão 1 – Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Questão 3 – Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

Questão 4 – Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Fonte: o autor

Com o encontro 7 buscaremos verificar se houve mudanças nas concepções alternativas dos estudantes em relação à aspectos envolvendo a natureza das ciências e a produção de conhecimento científico, além de observar se ocorreu o desenvolvimento de conhecimentos relacionados a alguns modelos históricos para os movimentos planetários e as principais contribuições de Tycho Brahe. Essa última etapa caracteriza-se como o terceiro momento pedagógico denominado “aplicação do conhecimento”.

No próximo capítulo descrevemos cada etapa da aplicação da sequência didática, junto aos alunos, com destaque para a dinâmica de cada um dos encontros (etapas da sequência didática), e teceremos considerações com base nos referenciais teóricos adotados e nas dinâmicas observadas durante a aplicação.

CAPÍTULO 5

5.1 Aplicação da Sequência Didática e Considerações

Iniciamos este capítulo retomando, de forma resumida, alguns aspectos a respeito da caracterização da escola e dos estudantes que participaram da aplicação da sequência didática, a descrição mais detalhada foi apresentada no capítulo 1, no item 1.2.

Aplicamos a sequência didática na disciplina Eletiva Poeira das Estrelas: Uma Breve História do Tempo, ministrada por nós em uma Escola Estadual de Ensino Médio do Estado de São Paulo, a qual faz parte do Programa Ensino Integral (PEI). O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em 14 aulas de 45 minutos (7 encontros de 90 minutos).

No total, foram matriculados na disciplina Eletiva 34 estudantes, entretanto, participaram efetivamente da pesquisa 23 estudantes do Ensino Médio, mais especificamente, foram 9 estudantes do primeiro ano, 10 estudantes do segundo ano e 4 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. Os demais não participaram da pesquisa por motivo de total ausência ou baixa frequência.

Aqui identificamos os alunos com a nomenclatura de A1 a A23, para garantir o anonimato dos participantes.

De acordo com a sequência didática proposta, o primeiro encontro contou com a apresentação geral da situação didática, na qual explicamos aos estudantes como seriam desenvolvidas as tarefas e seus principais objetivos perante a disciplina.

Na sequência, buscamos explorar e fazer o levantamento de possíveis concepções alternativas, para isso, como previsto, entregamos uma folha para cada estudante (22 estudantes participaram dessa etapa), com as seguintes questões e espaço para resposta na própria folha:

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 2 – Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar.

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

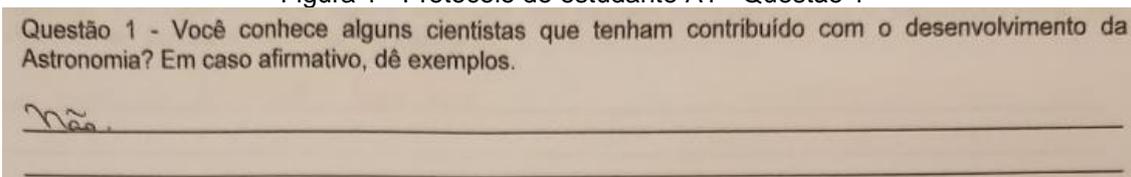
No total, 22 estudantes responderam individualmente as questões iniciais e entregaram seus protocolos com as respostas, não houve nenhum tipo de consulta. Na sequência faremos considerações a respeito de cada uma delas, ressaltando algumas concepções alternativas identificadas, a partir dos protocolos e das observações.

5.2 Encontro 1

5.2.1 Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Identificamos que 9 estudantes responderam simplesmente não, não conheço, ou algo similar a não me lembro. São eles os seguintes estudantes, A1, A2, A3, A6, A9, A10, A16, A20 e A21. Como exemplo, indicamos as Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Protocolo do estudante A1 - Questão 1

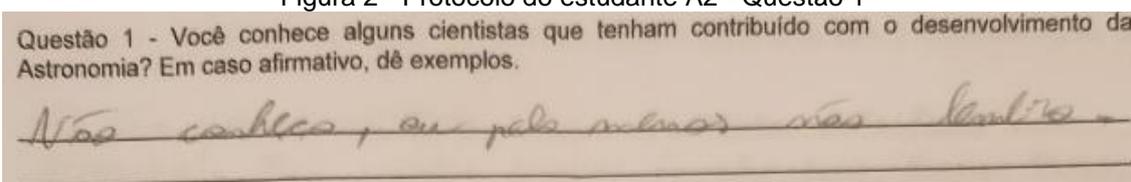


Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Não.

Fonte: o autor

Figura 2 - Protocolo do estudante A2 - Questão 1



Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Não conheço, ou pelo menos não lembro.

Fonte: o autor

Os demais, ou seja, 13 estudantes, indicaram nomes de cientistas renomados, mas alguns não relacionados diretamente à Astronomia, conforme

o seguinte quadro:

Quadro 10 - Cientistas indicados pelos estudantes na Questão 1

Cientistas citados e estudantes que os indicaram	Quant. de Estudantes
Albert Einstein (A11)	1
Nikola Tesla e Albert Einstein (A5 e A19)	2
Galileu Galilei (A7, A13 e A22)	3
Albert Einstein e Isaac Newton (A8)	1
Stephen Hawking, Albert Einstein, Galileu Galilei (A12)	1
Galileu Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton, Nikola Tesla e Marie Curie (A15)	1
Tycho Brahe, Galileu Galilei e Albert Einstein (A14 e A17)	2
Albert Einstein, Stephen Hawking, Marie Curie (A18)	1
Nicolau Copérnico (A4)	1

Fonte: o autor

O quadro 10 foi obtido a partir da transcrição das respostas dos alunos nos protocolos, mas fizemos correções na escrita dos nomes. Para ilustrar, seguem alguns protocolos:

Figura 3 - Protocolo do estudante A4 - Questão 1

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Sim / Nicolau Copernico

Fonte: o autor

Figura 4 - Protocolo da estudante A14 - Questão 1

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Sim, Tycho Brahe, Galileu Galilei e Albert Einstein

Fonte: o autor

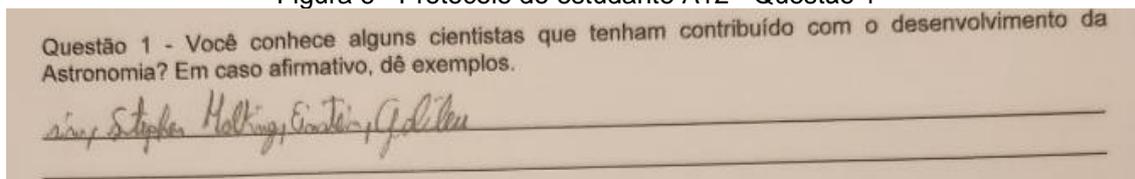
Figura 5 - Protocolo da estudante A15 - Questão 1

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Sim eu conheço Galileu Galilei, Johannes Kepler e Isaac Newton
Nikola Tesla e Marie Curie.

Fonte: o autor

Figura 6 - Protocolo do estudante A12 - Questão 1



Fonte: o autor

Com a Questão 1, buscamos verificar se os estudantes conheciam cientistas que haviam contribuído com o desenvolvimento da Astronomia.

É interessante observar que 9 estudantes responderam não conhecer ou não lembrar de nenhum astrônomo, o que já indica a relevância da sequência didática aqui proposta, com base no contexto histórico, situação na qual os estudantes terão a oportunidade de conhecer vários cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da Astronomia.

Retomamos aqui as ideias discutidas nos três momentos pedagógicos e na dimensão de problematização de Delizoicov (2001), em especial, quando afirma que os conhecimentos do senso comum, ou concepções alternativas, são obstáculos para os estudantes, na construção do conhecimento científico.

Assim, na continuidade do trabalho com a sequência didática, em especial na transição do primeiro momento pedagógico para o segundo momento, proporemos questionamentos e problematizações para confrontar as concepções observadas perante outros conhecimentos históricos ou científicos, favorecendo ao estudante superar ou reformular suas concepções alternativas, de acordo com as ideias de Delizoicov (2001).

Identificamos no quadro 10, por meio do total de indicações, que Albert Einstein foi lembrado por 8 estudantes; Isaac Newton foi citado por 2 estudantes; Galileu Galilei foi indicado por 7 estudantes, entretanto dois deles parecem acreditar que se trata de dois cientistas diferentes, pois indicaram Galileu e Galilei; Stephen Hawking foi lembrado por 2 estudantes; Johannes Kepler foi citado por 1 estudante; para nossa feliz surpresa, Tycho Brahe foi citado por 2 estudantes; Nicolau Copérnico foi citado por 1 estudante; e Marie Curie foi lembrada por 2 estudantes.

Acreditávamos que Brahe não seria lembrado, pois conforme a literatura consultada, suas contribuições para a Astronomia não são

abordadas adequadamente em livros didáticos, se resumindo a pequenas citações sobre o desenvolvimento de instrumentos astronômicos.

Ainda, de acordo com o quadro 10, observamos que um pouco mais da metade dos estudantes lembrou de pelo menos um astrônomo. Acreditamos que a sequência didática proposta poderá contribuir significativamente nesse aspecto.

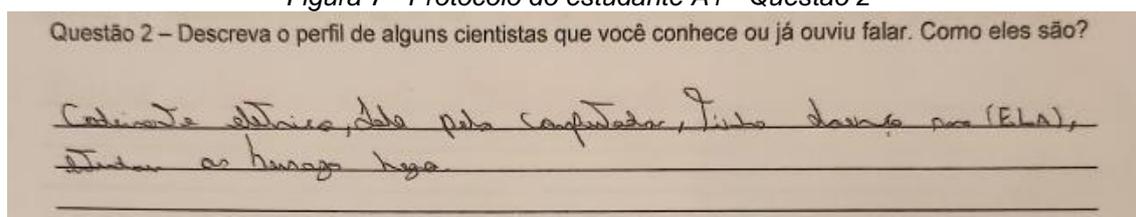
5.2.2 Questão 2 - Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar.

Salientamos que essa questão é mais aberta que a primeira, com ela buscamos verificar quais cientistas são lembrados pelos estudantes, em qualquer área do conhecimento, e principalmente, quais as características (ou perfis) de tais cientistas. Conjecturamos, antes da aplicação, que seriam lembrados apenas perfis de cientistas do sexo masculino, branco e europeu.

Nessa questão, o estudante A1, não indicou explicitamente um nome, mas escreveu o seguinte:

A1 – Cadeirante elétrico, fala pelo computador, tinha a doença (ELA) e estudou buraco negro.

Figura 7 - Protocolo do estudante A1 - Questão 2



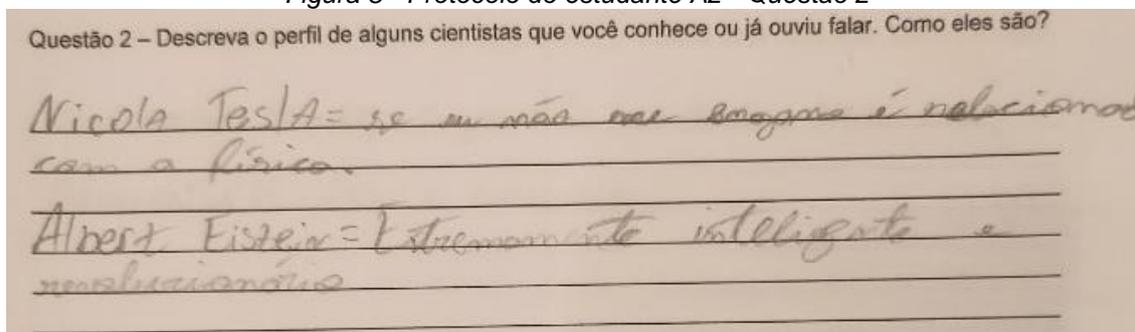
Fonte: o autor

De acordo com as características indicadas pelo estudante, chegamos à conclusão que se trata de Stephen Hawking. Observamos que são características bastante particulares observadas pelo estudante A1, e que o mesmo aluno não indicou nenhum cientista na Questão 1, talvez por não considerar que buracos negros são objetos de estudo da Astronomia, mas avaliamos ser importante a lembrança de um cientista com deficiência, fugindo do protótipo de apenas pessoas “especiais superdotadas”.

O estudante A2, respondeu o seguinte:

A2 – Nikola Tesla, se eu não me engano é relacionado com a Física. Albert Einstein, extremamente inteligente e revolucionário.

Figura 8 - Protocolo do estudante A2 - Questão 2



Fonte: o autor

Observamos que o estudante A2 não indicou nenhum cientista na Questão 1, talvez por não conhecer as contribuições de Albert Einstein para a Astronomia. Destaca-se também a característica citada por ele, “**extremamente inteligente e revolucionário**”, o que já nos dá sugestões sobre sua concepção de cientista.

Já o estudante A3, apresentou a seguinte resposta:

A3 – Nikola Tesla, ele é europeu que ajudou na energia elétrica. Isaac Newton “inventor da gravidade”. Charles Darwin, evolucionista. Marie Curie, tabela periódica.

O estudante A3 também escreveu mais algumas palavras ilegíveis. Indicou apenas a característica “europeu” para Nikola Tesla, confirmando nossa conjectura para o perfil na Questão 2.

O estudante A4 citou Albert Einstein, indicou que ele era um homem de cabelo branco que criou a teoria da relatividade. Tal estudante indicou na Questão 1 apenas Nicolau Copérnico, talvez por não conhecer as contribuições de Albert Einstein para a Astronomia. Sua resposta foi a seguinte:

A4 – Einstein, era um cara de cabelo branco que criou a teoria da relatividade.

Já o estudante A5 apresentou uma resposta similar a aquelas apresentadas pelos estudantes anteriores, em relação aos cientistas indicados por ele na Questão 1, ele respondeu:

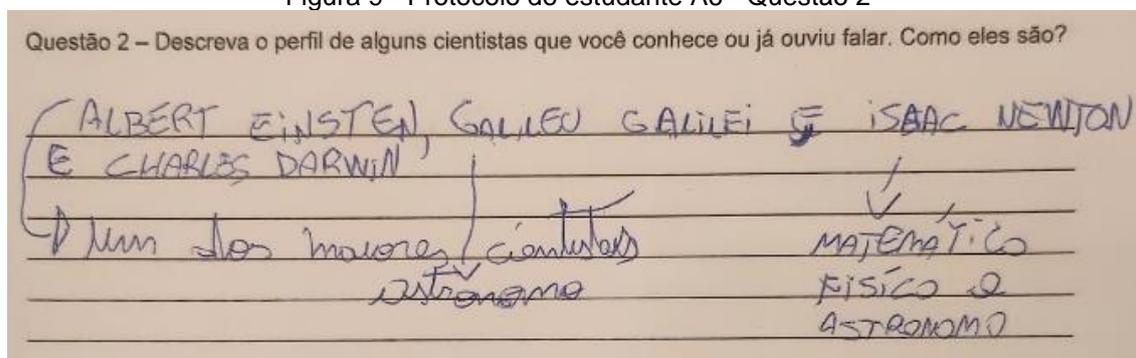
A5 – Tesla, branco de cabelo liso e inteligente. Einstein, cabelo calvo e branco.

O estudante A6 respondeu da seguinte forma:

A6 - Albert Einstein, um dos maiores cientistas. Galileu Galilei, astrônomo. Isaac Newton, matemático, físico e astrônomo, e Charles Darwin.

É interessante observar que, na Questão 1, o estudante A6 respondeu não conhecer nenhum cientista que tenha contribuído com o desenvolvimento da Astronomia e na Questão 2 indicou três, apontando como astrônomos Galileu Galilei e Isaac Newton. De fato, como característica de cada um, se limitou a indicar as áreas de atuação.

Figura 9 - Protocolo do estudante A6 - Questão 2



Fonte: o autor

A estudante A7, indicou Marie Curie na Questão 2, e na Questão 1 indicou Galileu Galilei, sua resposta foi a seguinte:

A7 - Marie Curie foi uma mulher que descobriu a radioatividade.

Destacamos a importância de cientistas mulheres serem lembradas, apenas lamentamos que foram poucos estudantes que citaram mulheres, possivelmente por não as conhecer como cientistas, a única citada foi Marie Curie.

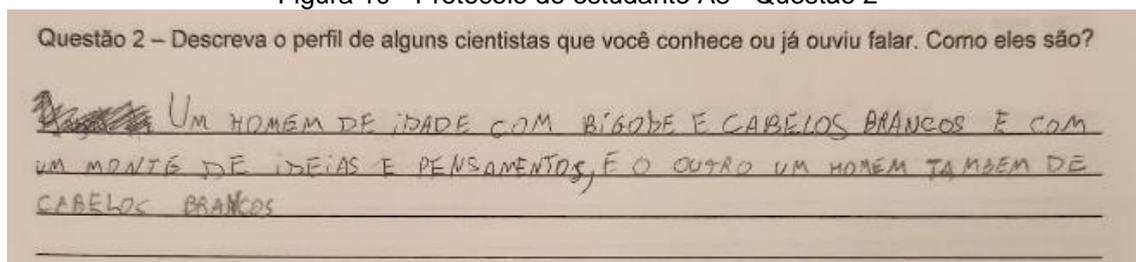
Infelizmente nossa sequência didática, como foi pensada inicialmente, poderá não contribuir muito com a mudança desse quadro, entretanto nas

discussões acerca do desenvolvimento histórico da Astronomia é possível explorar o papel das mulheres, e conhecer nomes como os seguintes, além de explorar seus feitos: Hipátia de Alexandria, possivelmente uma das primeiras mulheres astrônomas; Caroline Herschel, foi astrônoma no reinado do Rei George segundo; Willamina Fleming, criou um catálogo para classificar estrelas e descobriu a famosa nebulosa Cabeça de Cavalos; entre várias outras mulheres astrônomas, inclusive brasileiras⁶.

A estudante A8, fez referência aos dois nomes que citou na primeira questão, no caso, Albert Einstein e Isaac Newton, segue sua resposta:

A8 – Um homem de idade com bigode e cabelos brancos e com um monte de ideias e pensamentos, e o outro um homem também de cabelos brancos.

Figura 10 - Protocolo do estudante A8 - Questão 2



Fonte: o autor

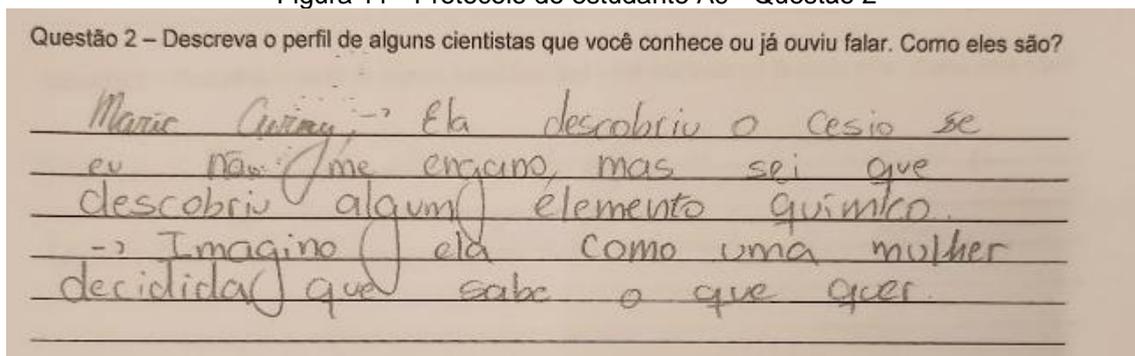
Com base nas respostas até aqui transcritas, a concepção de cientista dos estudantes não inclui jovens, isso pode estar implícito nas respostas.

A estudante A9, também indicou Marie Curie na Questão 2, respondendo da seguinte forma:

A9 - Marie Curie, ela descobriu o cézio, se eu não me engano, mas sei que descobriu algum elemento químico. Imagino ela como uma mulher decidida, que sabe o que quer.

⁶ Para uma rápida imersão ver o site: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/espaco/2023/03/as-7-mulheres-que-marcam-um-antes-e-um-depois-na-astronomia>. Acesso em 30/11/2023.

Figura 11 - Protocolo do estudante A9 - Questão 2



Fonte: o autor

A estudante A10, indicou não conhecer, assim como respondeu negativamente à Questão 1.

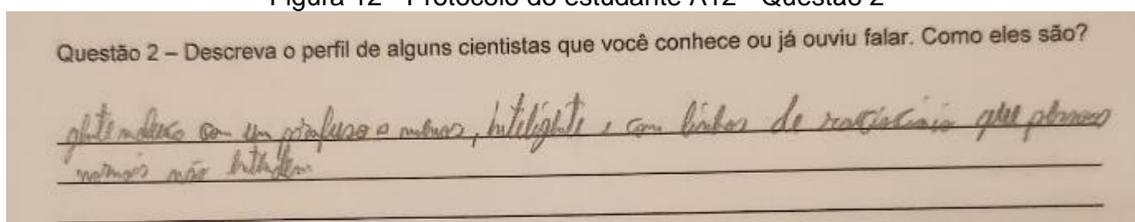
O estudante A11 fez referência ao cientista que indicou na Questão 1, no caso, Albert Einstein, respondendo o seguinte:

A11 – Narigudo e descabelado.

É interessante observar a resposta do estudante A12, pois indica uma concepção alternativa de cientista muito vista por nós, em nossa trajetória acadêmica e profissional, ou seja, “**cientistas não são pessoas normais**”. Ele respondeu:

A12 - Gente maluca, com um parafuso a menos, inteligente e com linhas de raciocínio que pessoas normais não entendem.

Figura 12 - Protocolo do estudante A12 - Questão 2



Fonte: o autor

Essa é a concepção alternativa mais comum a respeito de cientista, e é justamente um dos objetivos do nosso trabalho, propor situações nas quais sejam favorecidas as reformulações dessas concepções.

A estudante A13, também fez referência ao cientista indicada na primeira questão, a saber, Galileu Galilei, e respondeu:

A13 – Ele é matemático e italiano.

A estudante A14, fazendo referência aos nomes indicados na Questão 1, no caso, Tycho Brahe, Galileu Galilei e Albert Einstein, respondeu:

A14 – Eu penso em uma pessoa criativa.

A estudante A15, também fazendo referência aos nomes que indicou na primeira questão, respondeu o seguinte:

A15 – Marie Curie era uma mulher que descobriu a radioatividade. Albert Einstein, talvez o físico e cientista mais conhecido no mundo, acompanhado de Nikola Tesla.

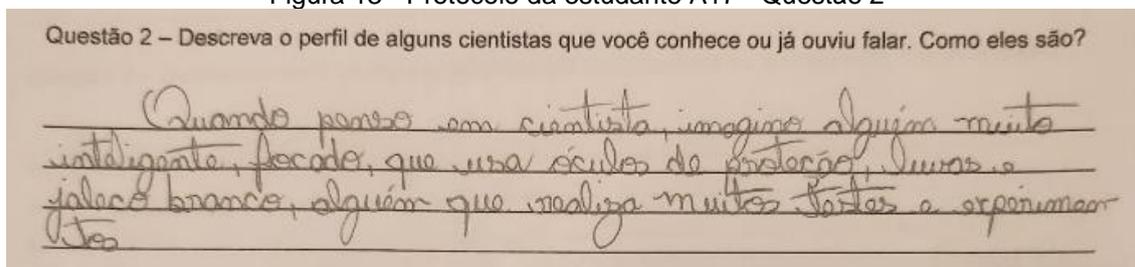
A estudante A16, respondeu o seguinte:

A16 – Já ouvi falar da Marie Curie que descobriu a radioatividade.

A resposta da estudante A17 nos dá uma boa descrição de concepções alternativas de cientistas que já tivemos a oportunidade de ouvir em nossas experiências de vida. Ela respondeu o seguinte:

A17 – Quando penso em cientista, imagino alguém muito inteligente, focado, que usa óculos de proteção, luvas e jaleco branco, alguém que realiza muitos testes e experimentos.

Figura 13 - Protocolo da estudante A17 - Questão 2



Fonte: o autor

É importante destacar que até aqui nenhum dos estudantes citou como características ou perfil de cientistas, alguém que trabalha coletivamente, ou alguém que contribuiu com a humanidade ou algo parecido, o que mais chama a atenção dos estudantes são as particularidades de cada um. O estudante A17 indicou um certo protótipo de pessoas que trabalham em um laboratório.

O estudante A18, apesar de ter indicado na Questão 1, Albert Einstein, Stephen Hawking, Marie Curie, na Questão 2 respondeu “**não sei descrever**”.

O estudante A19, que na primeira questão indicou Nikola Tesla e Albert

Einstein, na Questão 2 respondeu “**Eles são incríveis**”.

Já o estudante A20, que respondeu “**não**” na primeira questão, apresentou a seguinte resposta para a Questão 2:

A20 – Usam roupas mais formais, usam óculos.

O estudante A21, também respondeu “**não**” na primeira questão, e na segunda, respondeu:

A21 – Curiosos, inteligentes e resistentes.

A estudante A22, indicou Marie Curie na Questão 2, respondendo o seguinte:

A22 - Marie Curie, foi a primeira mulher científica que descobriu a radiação.

Finalizando a descrição e algumas considerações acerca das respostas para a Questão 2, versando sobre os perfis de cientistas, destacamos que, até aqui, identificamos concepções alternativas⁷ que identificam cientistas a pessoas especiais, extremamente inteligentes e que não se enquadram no padrão de pessoas normais, e ainda o desconhecimento dos perfis de cientistas renomados e suas principais contribuições para a ciência.

Acreditamos que o contexto histórico, envolvendo as contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia, poderá contribuir com a ressignificação de possíveis concepções alternativas conforme defende Delizoicov (2001), e que os estudantes poderão superar as concepções alternativas na construção de novos conhecimentos.

5.2.3 Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Buscamos verificar qual é a concepção dos estudantes a respeito de

⁷ Salientamos que as concepções alternativas, em geral, são elaboradas culturalmente, ideias veiculadas comumente, em diversas situações, família, igreja, televisão, internet, redes sociais, entre outras. Até mesmo pelo tipo de abordagem realizada nas escolas com uso de certos livros didáticos, colaborando para um estereótipo de cientista.

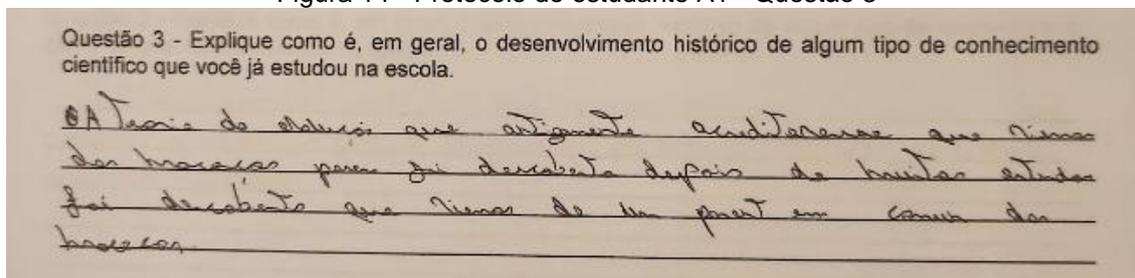
como é desenvolvido o conhecimento científico, ou ainda, se eles conhecem trechos ou episódios de algum contexto histórico envolvendo algum conhecimento científico.

A seguir transcrevemos as respostas dos estudantes e tecemos algumas considerações.

O estudante A1 respondeu essa questão da seguinte forma:

A1 – A Teoria da Evolução que antigamente acreditava que viemos dos macacos, porém foi descoberto depois de muitos estudos foi descoberto que viemos de um parente em comum dos macacos.

Figura 14 - Protocolo do estudante A1 - Questão 3



Fonte: o autor

A resposta do estudante A1 para essa questão, citando a Teoria da Evolução, apesar de pouco precisa, pode sugerir que ele observa e tem a ideia de que os conhecimentos científicos não são verdades eternas, e que a partir de novos estudos, tais conhecimentos podem se modificar. Essa é uma ideia que buscamos explorar e desenvolver com a aplicação da sequência didática.

O estudante A2 respondeu apenas “**Não consegui me recordar**”, apesar de ter citado na Questão 2, os nomes de Nikola Tesla e Albert Einstein, ele não conseguiu lembrar o que eles desenvolveram ou com quais conhecimentos científicos seus nomes estão relacionados.

Já o estudante A3 respondeu o seguinte:

A3 – Primeiro o questionamento, a teoria, a sequência de testes e a confirmação.

Figura 15 - Protocolo do estudante A3 - Questão 3

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

primeiro, o questionamento, a teoria, a sequência de testes, a confirmação.

Fonte: o autor

A forma como o estudante respondeu à Questão 3, sugere que ele tem uma ideia acerca dos procedimentos experimentais desenvolvidos nas ciências, apesar da resposta demasiadamente curta. Entretanto é possível inferir que ele não considera ou não considerou o aspecto falível que está imerso no desenvolvimento científico, ou seja, os erros e correções, inclusive adequação ou substituição de hipóteses e teorias, em geral, imerso no processo histórico do desenvolvimento científico. Esse é outro aspecto importante que buscamos explorar com a sequência didática proposta.

O estudante A4 respondeu da seguinte maneira:

A4 – Para Demócrito, o átomo era a menor coisa existente e indivisível, para Rutherford era formado por prótons, nêutrons e elétrons, e hoje já temos conhecimento até dos quarks que compõem os átomos.

Figura 16 - Protocolo do estudante A4 - Questão 3

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Para Demócrito, o átomo era a menor coisa existente e indivisível, para Rutherford era formado por prótons, nêutrons e elétrons, e hoje já temos conhecimento até dos quarks que compõem o átomo.

Fonte: o autor

A partir da resposta do estudante A4, podemos observar a ideia de construção do conhecimento científico, com a contribuição de diferentes cientistas, podendo indicar a evolução do conhecimento científico ao longo do tempo, apesar de não ter citado nada a respeito do método científico. Nossa sequência didática também pode contribuir com essa ideia.

O estudante A5 respondeu da seguinte forma:

A5 – Teoria do BIG BANG (a explosão, a evolução).

Tal estudante não indicou nada sobre o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico.

O estudante A6 deixou essa questão em branco, apesar de ter respondido à questão anterior, indicando quatro nomes de renomados cientistas.

A estudante A7, em sua resposta para essa questão, se limitou ao seguinte:

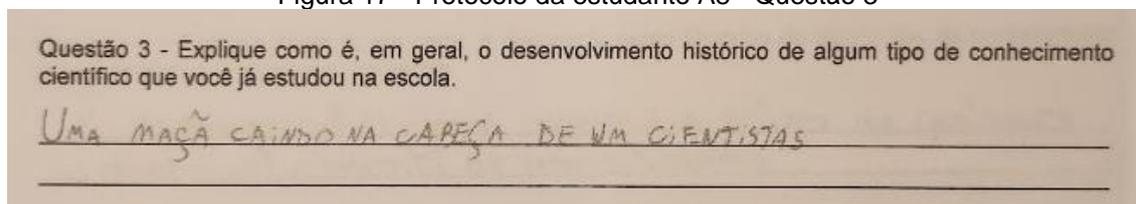
A7 – Estudamos sobre átomos, as formas que eles se multiplicam, a formação.

Ou seja, falou apenas sobre um objeto de estudo, mas não citou nada sobre o desenvolvimento histórico.

Em sua resposta, a estudante A8 indicou:

A8 – Uma maçã caindo na cabeça de um cientista.

Figura 17 - Protocolo da estudante A8 - Questão 3



Fonte: o autor

A estudante A8, indica aqui uma concepção alternativa relativamente comum entre os estudantes, com base na anedota normalmente veiculada em livros, sites e outros meios de divulgação, envolvendo uma maçã caindo na cabeça de Isaac Newton.

É importante destacar, conforme afirma Martins (2006a, 2006b) e Nobre (2004), que esse tipo de anedota, totalmente equivocada, não ajuda em nada à compreensão da evolução histórica do conhecimento científico, ou mesmo colabora com o conhecimento dos métodos científicos, dos problemas que suscitaram o desenvolvimento de determinadas teorias científicas.

Ao contrário, contribui com uma ideia errônea do que é ciência, seus métodos e evolução histórica, além de outros aspectos importantes, levando

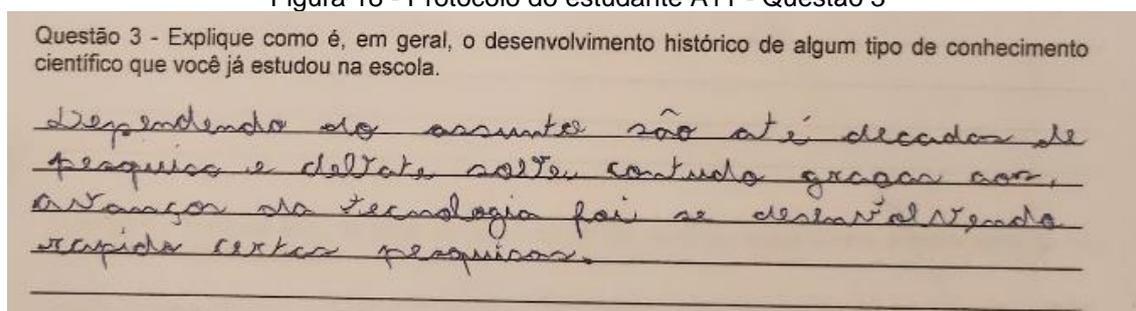
a erros conceituais conforme aponta Martins (2006a), Langhi e Nardi (2007).

A estudante A9 se limitou a responder “**Nunca prestei atenção nisso**”. Já a estudante A10 indicou “**Não sei como colocar no papel**”.

O estudante A11, respondeu:

A11 – Dependendo do assunto, são até décadas de pesquisa e debate sobre, contudo graças aos avanços da tecnologia, foi se desenvolvendo rápido certas pesquisas.

Figura 18 - Protocolo do estudante A11 - Questão 3



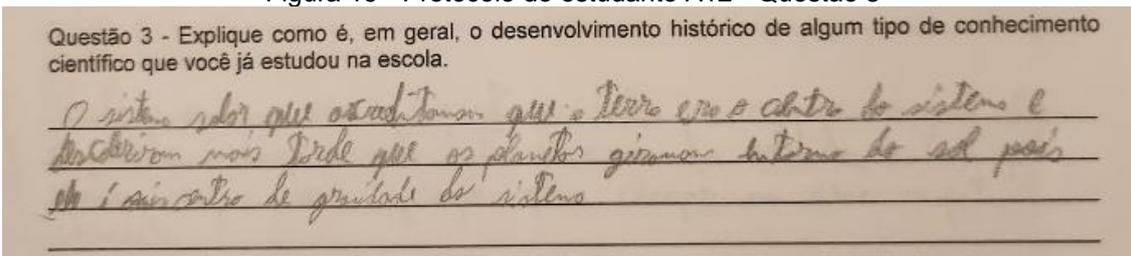
Fonte: o autor

Na resposta do estudante A11 é possível identificar alguns elementos que, normalmente, fazem parte da evolução histórica de um conhecimento científico, como o tempo de pesquisa (que pode variar bastante), os debates (o que pode sugerir a colaboração de vários cientistas), além do avanço tecnológico, que em geral, influencia no desenvolvimento das pesquisas. Esses são aspectos relevantes que serão explorados com a sequência didática.

O estudante A12 respondeu o seguinte:

A12 – O sistema solar, que acreditávamos que a Terra era o centro do sistema e descobriram mais tarde que os planetas giravam em torno do Sol, pois ele é o centro de gravidade do sistema.

Figura 19 - Protocolo do estudante A12 - Questão 3



Fonte: o autor

O estudante A12, indica elementos do desenvolvimento histórico de modelos para o movimento planetário, destacando que imperava a visão geocêntrica e foi superada pelo modelo heliocêntrico, isso indica uma visão de ciência em construção. Essas são ideias que serão amplamente exploradas com a sequência didática.

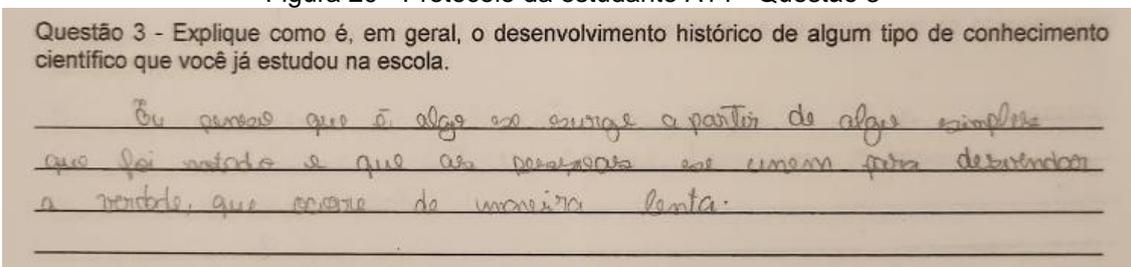
A estudante A13, citou em sua resposta a cientista Marie Curie e a radioatividade, entretanto não falou nada sobre aspectos históricos do desenvolvimento científico, ou sobre métodos ou dinâmicas envolvidas nos processos de descobertas científicas. Ela respondeu o seguinte:

A13 – A radioatividade, que foi descoberta pela Marie Curie, que foi a primeira mulher a receber 2 prêmios Nobel, e descobriu a radioatividade produzida por urânio.

A estudante A14, respondeu da seguinte forma:

A14 - Eu penso que é algo que surge a partir de algo simples, que foi notado e que as pessoas se unem para desvendar a verdade, que ocorre de maneira lenta.

Figura 20 - Protocolo da estudante A14 - Questão 3



Fonte: o autor

Com a resposta dessa estudante, é possível conjecturar que ela vê o desenvolvimento científico de forma coletiva, com o auxílio e cooperação de

vários cientistas, trabalhando ao longo do tempo, na busca de resolver um problema. Essa é uma visão que exploramos na sequência didática.

A estudante A15 citou as vacinas em sua resposta, procedendo da seguinte forma:

A15 – As vacinas são um exemplo de conhecimento científico que eu estudei esse ano na escola.

Figura 21 - Protocolo da estudante A15 - Questão 3

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

As vacinas são um exemplo de conhecimento científico que eu estudei esse ano na escola.

Fonte: o autor

Apesar de apresentar esse exemplo (relevante), a estudante não indicou nada sobre como foi o desenvolvimento das vacinas, quais dinâmicas estavam envolvidas nesses estudos, e como se chegou a alguns tipos de vacinas, em diferentes países ou centros de pesquisas. Ou seja, ela citou algo relevante, entretanto não explorou o desenvolvimento científico e seus métodos.

A estudante A16, em sua resposta, também indicou alguns temas que estudou na escola, entretanto não escreveu nada sobre o desenvolvimento de determinado conhecimento científico. Ela respondeu o seguinte:

A16 – Já estudei sobre a radiação, na sala de aula, e para a Eletiva, também estudei sobre buracos negros e buracos de minhocas.

Figura 22 - Protocolo da estudante A16 - Questão 3

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

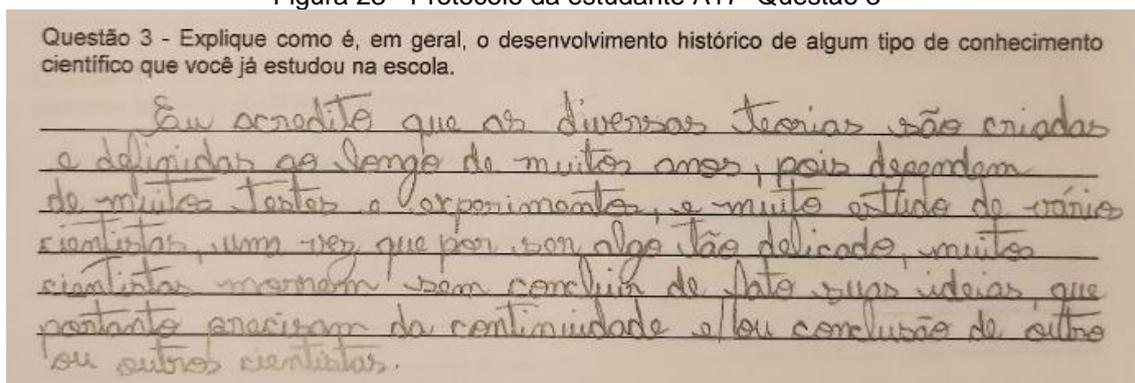
Já estudei sobre a radiação, na sala de aula e para a eletiva, também estudei sobre buracos negros e buracos de minhocas.

Fonte: o autor

A estudante A17, respondeu o seguinte:

A17 – Eu acredito que as diversas teorias são criadas e definidas ao longo de muitos anos, pois dependem de muitos testes e experimentos, e muito estudo de vários cientistas, uma vez que por ser algo tão delicado, muitos cientistas morrem sem concluir de fato suas ideias, que, portanto, precisam da continuidade e/ou conclusão de outro ou outros cientistas.

Figura 23 - Protocolo da estudante A17- Questão 3



Fonte: o autor

É interessante e gratificante, observar que a estudante A17 apresenta a ideia de desenvolvimento histórico do conhecimento científico relacionada ao trabalho coletivo de diversos cientistas, ao longo do tempo, sugerindo uma visão de ciência relacionada à prática social e quiçá cultural, além de ressaltar aspectos ligados a teorias e experimentações. Todas essas ideias e aspectos são explorados com a sequência didática aqui proposta.

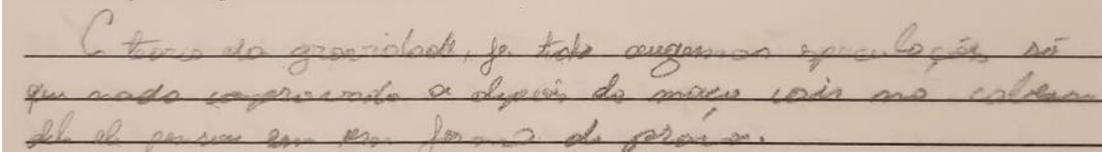
O estudante A18 respondeu “**Não sei explicar**”, assim como o estudante A21. Já o estudante A19 apenas indicou “**Big Bang, quando dois astros se bateram**”, indicando uma visão equivocada desse evento, e não escreveu nada sobre o desenvolvimento de algum conhecimento científico.

O estudante A20, respondeu:

A20 – A teoria da gravidade, já tinha algumas especulações só que nada comprovado, depois da maçã cair na cabeça dele, ele pensou em uma forma de provar.

Figura 24 - Protocolo do estudante A20 - Questão 3

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.



A handwritten response in cursive on lined paper. The text is written in dark ink and is somewhat difficult to read due to the cursive style. It appears to be a student's attempt to explain the historical development of scientific knowledge, possibly related to gravity as mentioned in the text below.

Fonte: o autor

O estudante A20, assim como a estudante A8 (relatada anteriormente), apresenta uma concepção alternativa do desenvolvimento de um conhecimento específico, gerada a partir da anedota inadequada envolvendo uma maçã caindo na cabeça de Isaac Newton, magicamente levando à teoria da gravidade (veiculada em alguns meios de comunicação), novamente sugerimos o artigo de Martins (2006a) que aborda diretamente esse assunto.

Salientamos que esse tipo de abordagem, errônea do ponto de vista teórico e histórico, não colabora com a formação científica dos estudantes, suscitando ideias e concepções equivocadas da ciência e de sua natureza.

O estudante A22 respondeu “***Eu acompanhei por meio das aulas de Química o desenvolvimento de uma bateria***”, mas não indicou como foi realizado esse experimento, não escrevendo sobre o desenvolvimento de algum conhecimento científico.

Finalizando a descrição das respostas dos estudantes em relação à Questão 3, destacamos que foi possível observar que os mesmos (com poucas exceções), em geral, não conhecem ou não lembram do desenvolvimento histórico de algum conhecimento científico, têm concepções alternativas sobre o método científico ou a natureza desse tipo de conhecimento, e não observam a produção da ciência como um construto social e coletivo.

Esperamos que com a vivência proposta na sequência didática, possamos contribuir com a reformulação dessas concepções, esse é justamente um dos objetivos da referida sequência organizada de acordo com os preceitos de Delizoicov (2001).

5.2.4 Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Com essa questão buscamos conhecer quais são as concepções dos estudantes que participaram da pesquisa, em relação aos modelos planetários, por isso, propositalmente não escrevemos explicitamente “sistema solar” na questão, mais especificamente queríamos saber se algum estudante indicaria o modelo geocêntrico, ou se o sistema heliocêntrico seria a indicação unânime, ou ainda, se os estudantes indicariam trajetórias circulares ou elípticas.

Observamos que apenas cinco estudantes optaram por escrever um pequeno texto explicando a movimentação dos planetas em nosso sistema, os demais optaram por fazer desenhos ilustrando tal movimentação.

Apresentaremos, inicialmente, a descrição e considerações acerca dos estudantes que responderam com textos, e posteriormente apresentaremos os protocolos dos estudantes que responderam por meio de um desenho.

Cabe salientar que em harmonia com nossa hipótese, a maioria indicou explicitamente o sistema heliocêntrico, entretanto, como veremos mais adiante, em alguns casos não foi possível identificar com clareza se o desenho representava o sistema heliocêntrico ou geocêntrico.

Vamos às respostas dos alunos que responderam à Questão 4 com textos.

O estudante A12, respondeu essa questão da seguinte forma:

A12 – Os planetas giram em torno do Sol, quando completam uma volta equivale a um ano naquele planeta ou uma volta no seu próprio eixo que equivale um dia.

Figura 25 - Protocolo do estudante A12 - Questão 4

Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Os planetas giram em torno do sol, quando completam uma volta equivale a um ano naquele planeta ou uma volta no seu próprio eixo que equivale um dia.

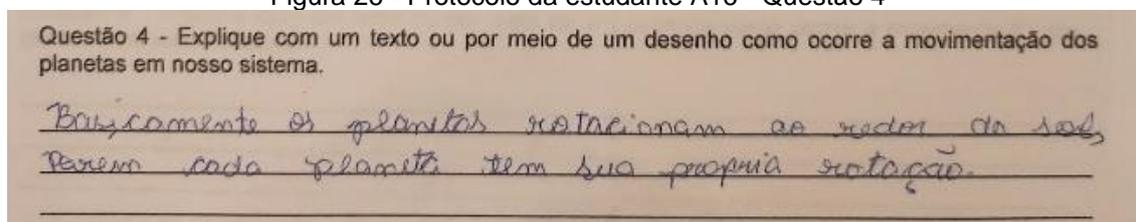
Fonte: o autor

Destacamos que o estudante A12 indicou um sistema heliocêntrico, entretanto não comentou nada sobre as trajetórias elípticas (fundamental para diferenciar dois sistemas heliocêntricos, por exemplo, o sistema copernicano e o sistema kepleriano, entre outras diferenças), também não fez qualquer referência à órbita da Lua em torno da Terra, e tomou a Terra para descrever a unidade de medida para o tempo que cada planeta do sistema solar leva para completar a rotação em torno do Sol, no entanto, um ano é o tempo de translação terrestre, outros planetas levam mais anos terrestres para completar seu movimento de translação, isso ficou um pouco confuso em sua resposta. Esses aspectos serão cuidadosamente explorados na sequência didática.

O mesmo comentário pode ser feito em relação às respostas apresentadas pelos demais estudantes A16, A17, A18 e A20, as mesmas são apresentadas na sequência:

A16 – Basicamente os planetas rotacionam ao redor do Sol, porém cada planeta tem sua própria rotação.

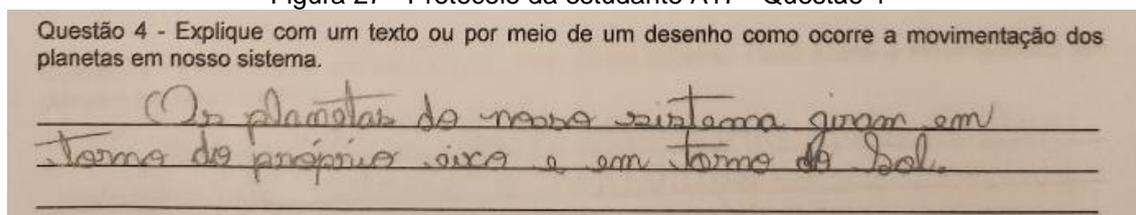
Figura 26 - Protocolo da estudante A16 - Questão 4



Fonte: o autor

A17 – Os planetas do nosso sistema giram em torno do próprio eixo e em torno do Sol.

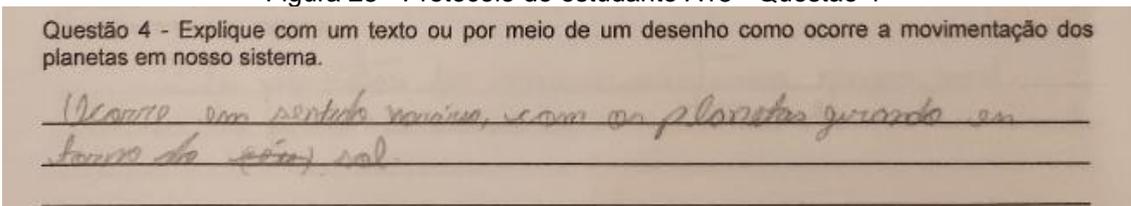
Figura 27 - Protocolo da estudante A17 - Questão 4



Fonte: o autor

A18 – Ocorre em sentido horário, com planetas girando em torno do Sol.

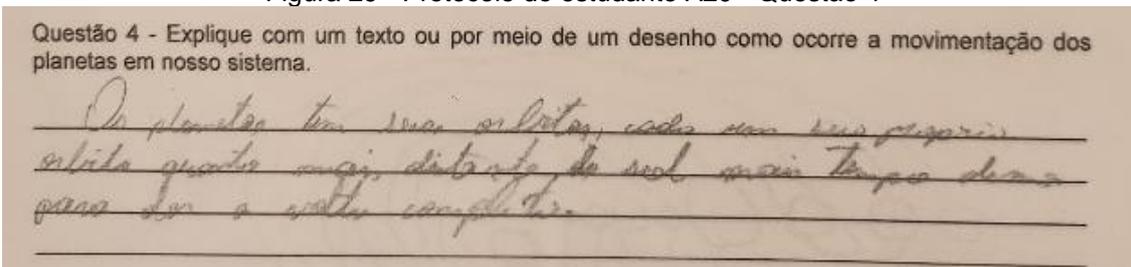
Figura 28 - Protocolo do estudante A18 - Questão 4



Fonte: o autor

A20 – Os planetas têm suas órbitas, cada um em sua própria órbita, quanto mais distante do Sol mais tempo leva para dar a volta completa.

Figura 29 - Protocolo do estudante A20 - Questão 4



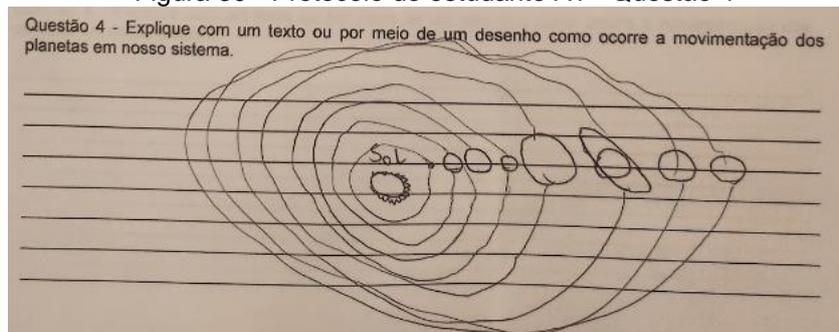
Fonte: o autor

Além dos comentários feitos imediatamente acima, destacamos, ainda, que na resposta do estudante A18, não conseguimos entender o que quis dizer com “**sentido horário**”. Entretanto ressaltamos que todas essas observações serão exploradas no desenvolvimento da sequência didática, buscando favorecer a reformulação das concepções explicitadas pelos estudantes.

Agora indicamos as respostas apresentadas pelos estudantes por meio de desenhos, e na sequência faremos alguns comentários.

O estudante A1 apresentou o seguinte desenho, que representa um modelo heliocêntrico, e que sugere órbitas elípticas, mas isso é nossa interpretação:

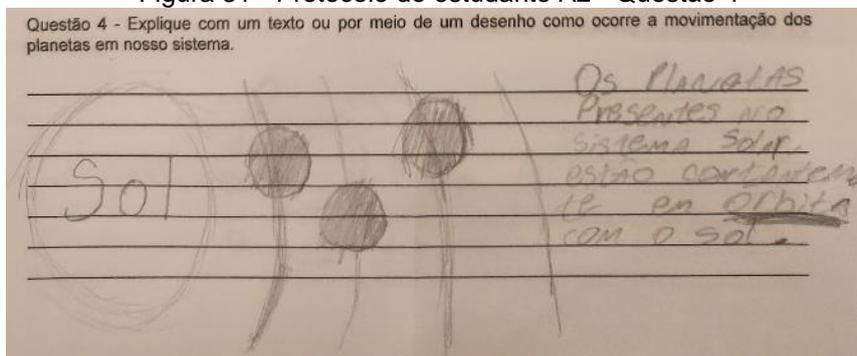
Figura 30 - Protocolo do estudante A1 - Questão 4



Fonte: o autor

Já o estudante A2 fez a seguinte ilustração, acrescentando um pequeno texto ao lado, por meio da ilustração ou do texto, observa-se um modelo heliocêntrico, mas não é possível identificar se ele pensou em uma órbita circular ou elíptica.

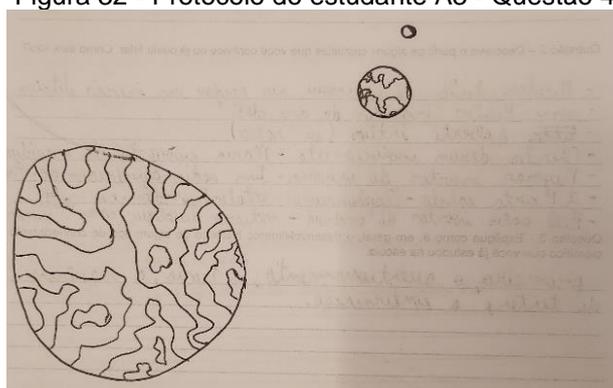
Figura 31 - Protocolo do estudante A2 - Questão 4



Fonte: o autor

O estudante A3 apresentou o próximo desenho como resposta para a Questão 4, entretanto, literalmente não é possível identificar se ele representou um sistema geocêntrico ou heliocêntrico, acreditamos que se trata do segundo. Também não indicou nenhum tipo de órbita, pela figura acreditamos que ele ilustrou isoladamente o Sol, a Terra e a Lua, sem indicar explicitamente a relação entre eles.

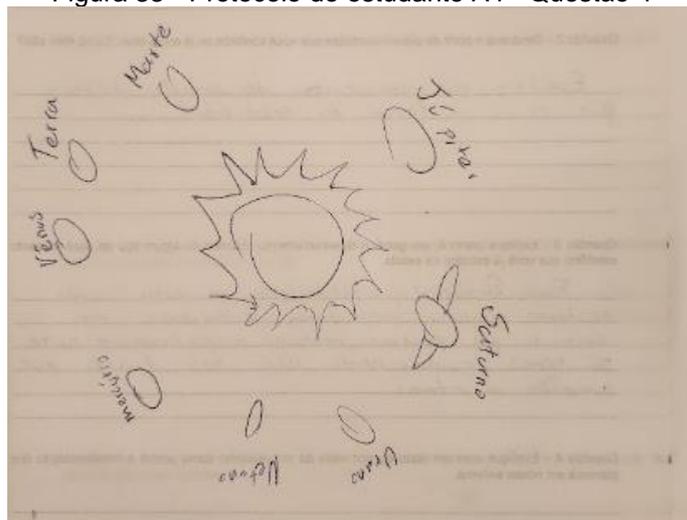
Figura 32 - Protocolo do estudante A3 - Questão 4



Fonte: o autor

O estudante A4, apresentou o seguinte desenho, o qual sugere a órbita em torno do Sol, entretanto não há qualquer indicação sobre as órbitas serem elípticas ou circulares.

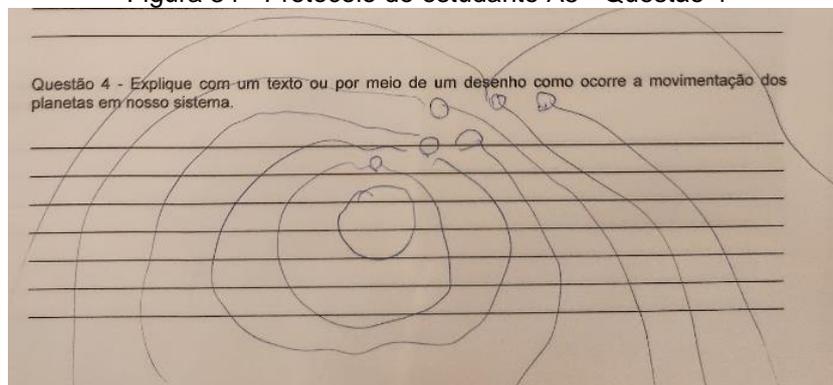
Figura 33 - Protocolo do estudante A4 - Questão 4



Fonte: o autor

Já o estudante A5, apresentou um desenho bastante peculiar, no qual não há identificação nominal de nenhum planeta, sugestivamente interpretamos que o maior esboço de círculo representa o Sol, e que os demais orbitam ao seu redor, indicando um sistema heliocêntrico, mas também não temos certeza sobre a forma da órbita representada.

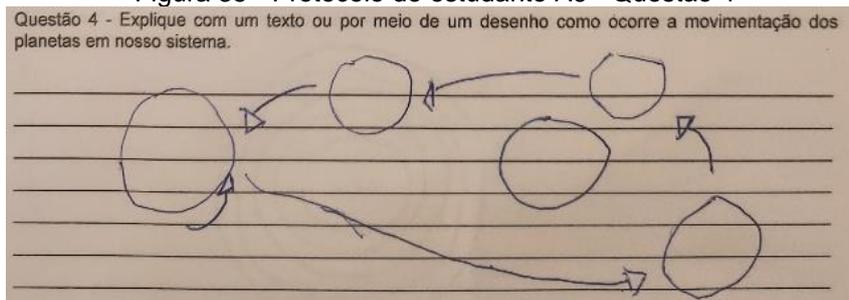
Figura 34 - Protocolo do estudante A5 - Questão 4



Fonte: o autor

No desenho apresentado pelo estudante A6, valem os mesmos comentários indicados no desenho feito pelo estudante A5, acrescentando que não há como inferir com certeza qual é o Sol, ou a Terra, sendo assim não é possível classificar o sistema como geocêntrico ou heliocêntrico.

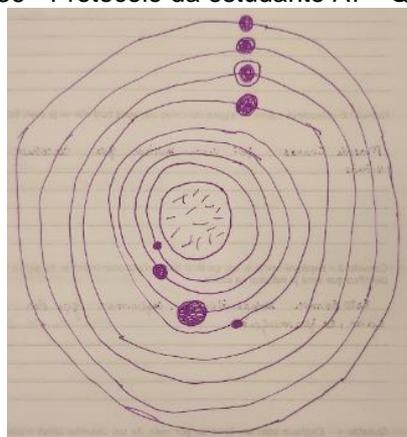
Figura 35 - Protocolo do estudante A6 - Questão 4



Fonte: o autor

A ilustração apresentada pela estudante A7, sugere um sistema heliocêntrico, com órbitas circulares, como pode ser observado no seguinte desenho:

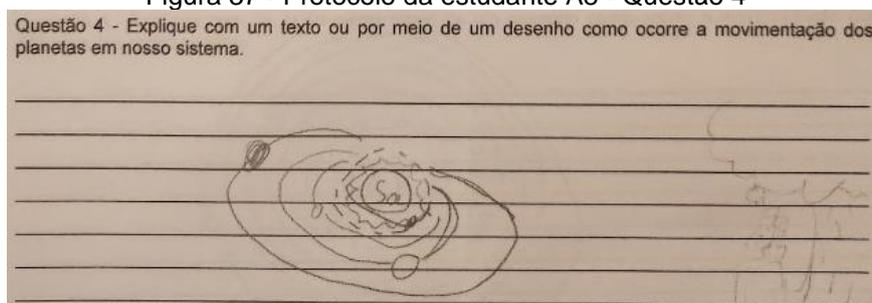
Figura 36 - Protocolo da estudante A7 - Questão 4



Fonte: o autor

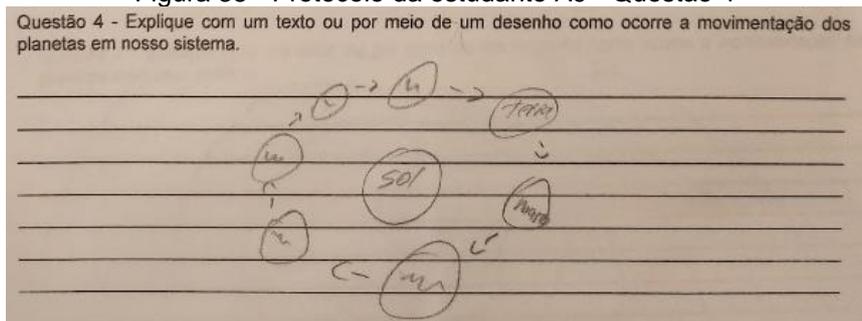
Os desenhos apresentados pelas estudantes A8 e A9, indicam um sistema heliocêntrico, o primeiro com órbita elíptica e o segundo com órbita circular e com o equívoco de indicar vários planetas em uma única órbita, de acordo com as Figuras 37 e 38:

Figura 37 - Protocolo da estudante A8 - Questão 4



Fonte: o autor

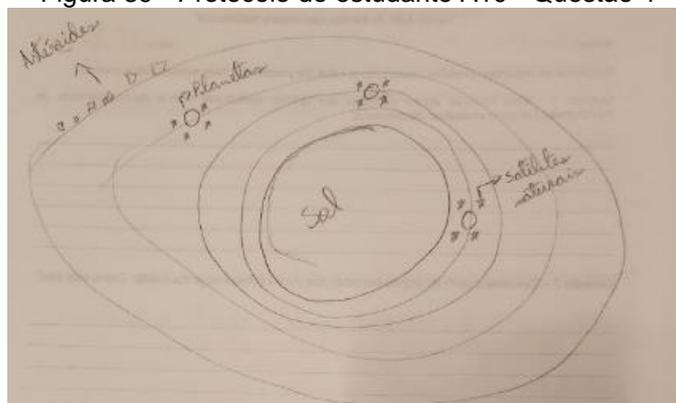
Figura 38 - Protocolo da estudante A9 - Questão 4



Fonte: o autor

A estudante A10 apresentou um desenho que indica um sistema heliocêntrico, com órbitas elípticas, acrescentando outros corpos celestes, conforme a Figura 39.

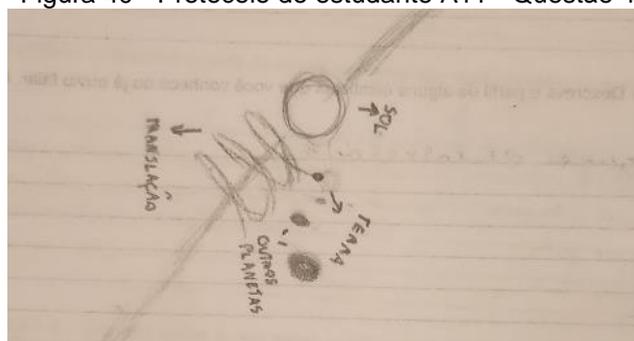
Figura 39 - Protocolo do estudante A10 - Questão 4



Fonte: o autor

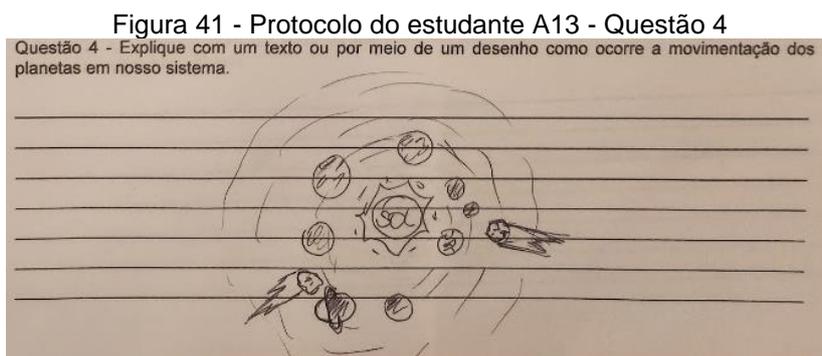
O estudante A11 apresentou um desenho que sugere um sistema heliocêntrico, no entanto, com a Terra em uma órbita que parece ser helicoidal, se afastando do Sol, o mesmo para outros planetas. Ressaltamos que os movimentos orbitais dos planetas em torno do Sol serão explorados no decorrer da sequência didática.

Figura 40 - Protocolo do estudante A11 - Questão 4



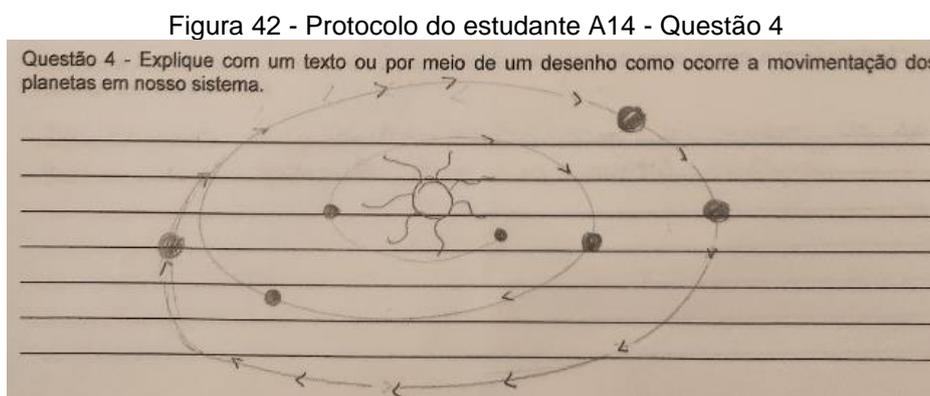
Fonte: o autor

A estudante A13 apresentou como resposta um desenho que indica um sistema heliocêntrico, sugerindo órbitas circulares, de acordo com nossa interpretação, assim como indicou outros corpos celestes, entretanto observa-se que vários planetas foram indicados em uma mesma órbita, sugerindo uma concepção alternativa sobre as órbitas dos planetas em torno do Sol, conforme a Figura 41.



Fonte: o autor

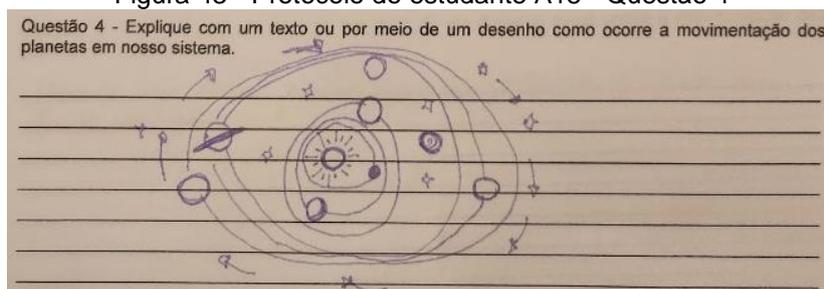
A estudante A14 fez um desenho que representa um sistema heliocêntrico, entretanto, indicou uma órbita espiral para os planetas, o que sugere uma concepção alternativa acerca das órbitas dos planetas no sistema solar, como pode ser observado na Figura 42.



Fonte: o autor

A estudante A15 também fez um desenho que representa um sistema heliocêntrico, no entanto, não dá para ter certeza se as órbitas indicadas são elípticas ou circulares, além disso, ela indicou várias estrelas no sistema solar, indicando uma concepção alternativa em relação às posições das estrelas, conforme a Figura 43.

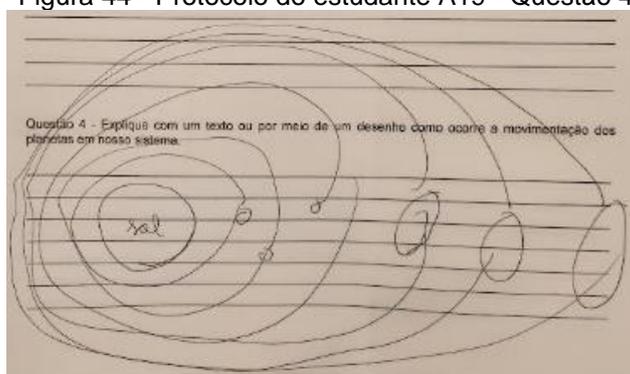
Figura 43 - Protocolo do estudante A15 - Questão 4



Fonte: o autor

O estudante A19 indicou, por meio do desenho, a representação de um sistema heliocêntrico, com órbitas elípticas, de acordo com a Figura 44.

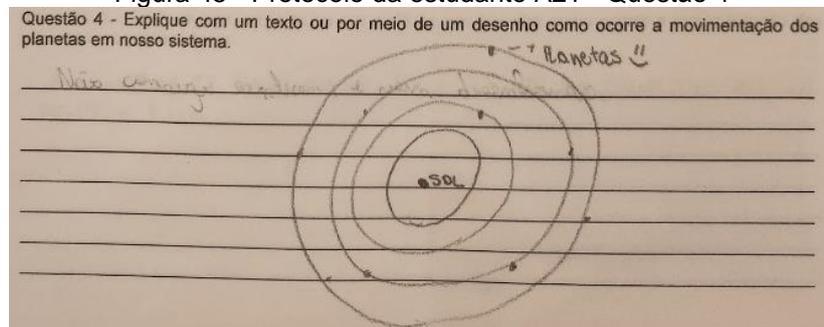
Figura 44 - Protocolo do estudante A19 - Questão 4



Fonte: o autor

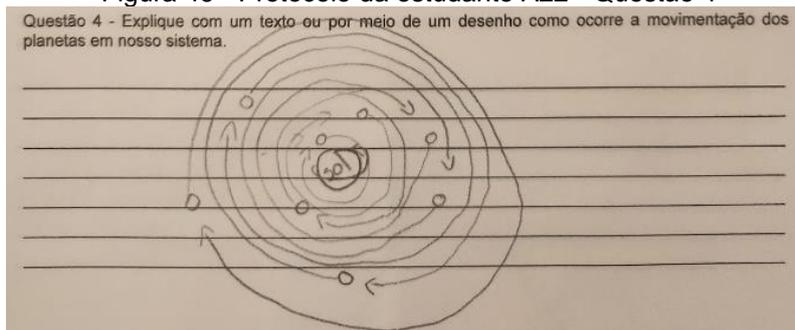
Já as estudantes A21 e A22, fizeram desenhos similares, ambos representando um sistema heliocêntrico, com órbitas circulares, como podem ser vistos nas Figuras 45 e 46, respectivamente. No entanto, a estudante A21 indicou vários planetas em uma mesma órbita.

Figura 45 - Protocolo da estudante A21 - Questão 4



Fonte: o autor

Figura 46 - Protocolo da estudante A22 - Questão 4



Fonte: o autor

Com a Questão 4, identificamos algumas concepções alternativas dos estudantes, principalmente aquelas relacionadas às órbitas dos planetas no sistema solar.

Encerrando a descrição acerca das respostas dos estudantes na etapa inicial, cujo objetivo era conhecer as concepções alternativas dos estudantes para explorá-las no desenvolvimento da sequência didática, ressaltamos que de acordo com o nosso referencial teórico, baseado nos processos de problematizações de Delizoicov (2001), é fundamental que seja contemplado no processo de problematizar, uma etapa na qual

[...] o professor ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes [...] (Delizoicov, 2001, p. 06).

É justamente essa etapa que alvejamos com as quatro questões propostas no início da sequência didática, e posteriormente com o desenvolvimento da sequência, já que essas concepções observadas serão problematizadas e discutidas, conforme defendido por Delizoicov (2001).

Avaliando o primeiro encontro (2 aulas de 45 minutos), acreditamos que tudo ocorreu conforme planejado, uma vez que os estudantes participaram de forma satisfatória nas aulas, não fizeram nenhum tipo de consulta a livros ou internet, e entregaram os protocolos com as respostas das questões propostas.

Nosso objetivo nesse encontro era apresentar a situação didática e realizar o levantamento de concepções alternativas em relação ao desenvolvimento de conhecimentos científicos, verificar se os estudantes conheciam alguns cientistas, em especial, aqueles que contribuíram com o

desenvolvimento da Astronomia, além de concepções acerca dos movimentos dos planetas no sistema solar.

Ressaltamos que os encontros 1 e 2, caracterizam o primeiro momento pedagógico, intitulado “problematização inicial”, de acordo com as ideias de Delizoicov (2001). Agora passaremos a descrever os demais encontros (aulas) realizados na aplicação da sequência didática, tais etapas levaram em consideração tudo o que foi observado na etapa inicial.

5.3 Encontro 2

No encontro 2 (2 aulas de 45 minutos), realizamos a leitura coletiva do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe” de Medeiros (2001). Participaram desse, e dos demais encontros, 23 estudantes.

Tínhamos, inicialmente, planejado propor aos estudantes a leitura e a indicação das palavras desconhecidas em pequenos grupos, entretanto, após conversarmos com os estudantes, eles fizeram a sugestão para realizar a leitura coletiva, com alguns estudantes assumindo a fala dos personagens do artigo, com destaque para as falas de Tycho Brahe.

Aceitamos a sugestão dos estudantes, considerando que a participação ativa deles é fundamental para o desenvolvimento das aulas, além disso, concordamos com Zabala (1998), quando defende que, dentre as funções do professor, encontra-se a elaboração de um planejamento flexível, que inclua a participação ativa dos estudantes, para favorecer as aprendizagens, segundo ele:

Podemos caracterizar essas funções da seguinte maneira: a) Planejar a atuação docente de uma maneira suficientemente flexível para permitir a *adaptação às necessidades dos alunos* em todo o processo de ensino/aprendizagem. b) Contar com as *contribuições e os conhecimentos* dos alunos, tanto no início das atividades como durante sua realização (Zabala, 1998, p.92).

Na sequência didática que será apresentada como produto final, faremos essa sugestão.

Salientamos que vários estudantes se voluntariaram para assumir os papéis dos personagens utilizados no artigo, e contribuíram efetivamente na leitura os estudantes A4, A7, A8, A9, A11, A14, A15, A17, A19 e A23.

A leitura foi realizada por meio dessa dinâmica, o que possibilitou total envolvimento de todos os estudantes, com destaque para o estudante que leu as falas de Tycho Brahe, uma vez que buscou representar a entonação sugerida no texto, por exemplo, em trechos nos quais Brahe se mostra irritado ou irônico.

Durante a leitura fizemos algumas pausas para esclarecer o significado de palavras que os estudantes não conheciam, com ênfase a palavra “paralaxe”, certamente foi a palavra indicada por todos os estudantes.

Também foram anotados os modelos dos movimentos planetários citados por Tycho Brahe no texto, para posterior discussão. Aproveitamos o ensejo para destacar a indicação de diversos cientistas que se debruçaram sobre o problema de desenvolver um modelo para os movimentos planetários em nosso sistema, ressaltando o caráter social e coletivo da ciência.

Outros aspectos que foram pontuados estão relacionados ao método científico, como as observações, os experimentos, a precisão dos dados e o papel determinante dos instrumentos de observação e experimentação, e que os conhecimentos científicos não são verdades eternas, mas são confiáveis enquanto validados cientificamente. Todos esses aspectos foram discutidos mais cuidadosamente nos demais encontros da sequência didática, como será descrito mais adiante.

Dessa forma, concluímos a etapa classificada como primeiro momento pedagógico e problematização inicial, conforme defendido por Delizoicov (2001), esse momento é caracterizado pela proposição de uma situação, ou questões iniciais, para que os estudantes possam agir e utilizar seus conhecimentos prévios ou concepções alternativas.

Conforme o que relatamos logo acima, acreditamos que conseguimos atingir o objetivo do encontro 2, a saber, introduzir o estudo histórico da Astronomia, em especial, algumas contribuições de Tycho Brahe para essa ciência, além de iniciar o estudo de alguns modelos dos movimentos planetários ao longo da história, contemplando ainda alguns aspectos relacionados à natureza do desenvolvimento de conhecimentos científicos.

5.4 Encontros 3, 4, 5 e 6

Passaremos agora a relatar os encontros 03, 04, 05 e 06, contemplando

o **segundo momento pedagógico - organização do conhecimento**, para Delizoicov (2001), nesse momento, o professor apresenta aos estudantes os conhecimentos selecionados de maneira sistemática, favorecendo o diálogo e as discussões.

Nessa etapa, retomamos alguns trechos do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”, explorando episódios que abarquem aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico, como as discussões em torno do método científico, envolvendo teoria, observação, experimentação, instrumentos e a superação de possíveis erros ou equívocos. Ainda nesta etapa, é importante contrapor as concepções alternativas dos estudantes em relação aos perfis dos cientistas, quebrando paradigmas.

Também será abordado de forma sistemática noções astronômicas e o estudo de alguns modelos históricos para a movimentação dos planetas, como os sistemas de Ptolomeu, Copérnico, Brahe e Kepler, além de discussões envolvendo os axiomas platônicos, sempre confrontando as concepções alternativas identificadas na etapa inicial.

No encontro 3 (2 aulas de 45 minutos), desenvolvemos aulas expositivas, dialogadas e com debates, utilizamos slides e vídeos para mostrar alguns instrumentos astronômicos, abordando trechos do artigo com alguns elementos da biografia de Tycho Brahe, além de alguns traços sociais, culturais, políticos e suas participações no desenvolvimento da ciência, em especial da Astronomia.

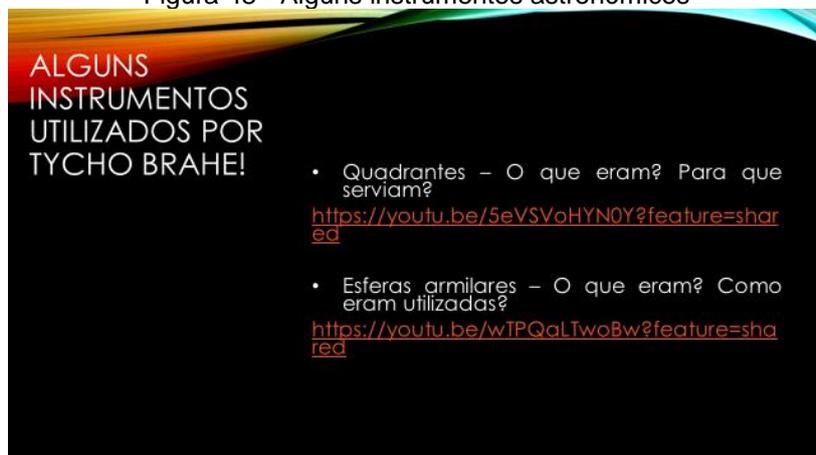
Figura 47 - Slide de introdução - Problematizações



Fonte: o autor

Retornamos ao artigo “Entrevista com Tycho Brahe” de Medeiros (2001) e exploramos, particularmente, os diálogos que se encontram nas páginas 21, 22, 23 e 24 do artigo. Cabe salientar que elementos da biografia, assim como suas contribuições para a Astronomia são destacados também nos demais encontros.

Figura 48 - Alguns instrumentos astronômicos



Fonte: o autor

Discutimos com os alunos sobre dois instrumentos⁸ utilizados por Brahe, os quadrantes e os armilares. Como apoio utilizamos dois vídeos, pois esses apresentam imagens e descrições adequadas. Também utilizamos o artigo de Tossato (2020), segundo ele, o quadrante é um dos instrumentos mais importantes aperfeiçoado por Brahe, sobre o quadrante ele afirma:

[...] é um instrumento de visada já conhecido na antiguidade. Seu objetivo é determinar a altura de um astro celeste. Constitui-se de um quarto de círculo, dividido em graus. Colocando uma das bordas do quadrante na linha do horizonte, obtém-se o grau de altura do astro. Um fio de prumo indica o ângulo igual à altura do astro sobre o horizonte. Brahe inovou ao fixar o quadrante, dando-lhe o nome de “quadrante de mural”; isto permitiu melhorar a qualidade das observações [...] (Tossato, 2020, p.3).

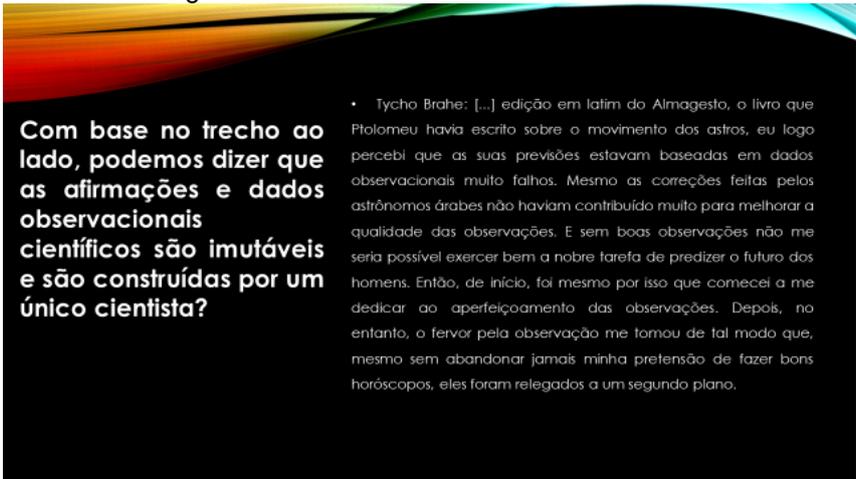
Falamos ainda sobre as esferas armilares, assim como no caso do quadrante, após os questionamentos iniciais, utilizamos como recurso mais vídeo, justamente pela qualidade nas apresentações de imagens de dinâmicas e também descrição. Além disso, também tomamos como base o artigo de Tossato (2020), sobre as esferas ele destaca:

⁸ Um apresentação e discussão mais completa e aprofundada sobre a importância dos instrumentos astronômicos de Brahe e suas influências no desenvolvimento da Astronomia são encontradas no artigo de Tossato (2020), intitulado “A importância dos instrumentos astronômicos de Tycho Brahe para a astronomia e a cosmologia dos séculos XVI e XVII”.

Também é relevante a utilização da esfera armilar. Tal instrumento já era bem conhecido. Ele é uma esfera do mundo, contendo a projeção do equador terrestre (lembrando que na época de Brahe o que prevalecia era a concepção de Terra fixa no centro) e dos planetas e a esfera fixa, de maneira a representar as coordenadas de um determinado astro. Mas Brahe inovou, e construiu a esfera equatorial, de maneira a visualizar com mais precisão os aspectos da projeção do equador da Terra (Tossato, 2020, p.3).

Na sequência, colocamos em discussão, por meio de problematizações, como pode ser visto nas Figuras 49 e 50, alguns aspectos relacionados à natureza das ciências e as contribuições de Brahe com dados observacionais mais precisos, buscamos confrontar concepções alternativas que sinalizam para conhecimentos científicos imutáveis, como verdades eternas, ou produzidos por um único cientista, a ideia é chamar à atenção para a ciência como atividade humana que sobre influências sociais, culturais, políticas e financeiras, além de seu caráter coletivo.

Figura 49 - Brahe e os dados observacionais



Com base no trecho ao lado, podemos dizer que as afirmações e dados observacionais científicos são imutáveis e são construídas por um único cientista?

- Tycho Brahe: [...] edição em latim do Almagesto, o livro que Ptolomeu havia escrito sobre o movimento dos astros, eu logo percebi que as suas previsões estavam baseadas em dados observacionais muito falhos. Mesmo as correções feitas pelos astrônomos árabes não haviam contribuído muito para melhorar a qualidade das observações. E sem boas observações não me seria possível exercer bem a nobre tarefa de prever o futuro dos homens. Então, de início, foi mesmo por isso que comecei a me dedicar ao aperfeiçoamento das observações. Depois, no entanto, o fervor pela observação me tomou de tal modo que, mesmo sem abandonar jamais minha pretensão de fazer bons horóscopos, eles foram relegados a um segundo plano.

Fonte: o autor

Figura 50 - Brahe e alguns aspectos sociais

PODEMOS AFIRMAR QUE O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA ESTÁ IMUNE E TOTALMENTE ISOLADO DAS QUESTÕES SOCIAIS, POLÍTICAS E FINANCEIRAS?

- Tycho: [...] Nessa ocasião voltei para a Dinamarca, mas a minha família não via com bons olhos a minha ideia de me dedicar ao estudo dos céus. Voltei então para a Alemanha, indo para Augsburg. Lá, convenci alguns astrónomos amadores muito ricos que era necessário construir grandes e caros instrumentos de observação para que a Astronomia pudesse ser aperfeiçoada. Refiro-me aos grandes quadrantes. Foi ali que comecei a minha dedicação total à tarefa de realizar observações cada vez mais precisas. Sem elas a Astronomia nunca teria saído do estado em que se encontrava.

Fonte: o autor

A palavra paralaxe foi indicada como desconhecida por todos os estudantes, buscamos explicar para eles o que era a paralaxe, além de nossas explicações, novamente utilizamos os recursos dinâmicos de um vídeo, para auxiliar na compreensão e observar que a paralaxe em Astronomia se refere ao deslocamento aparente de um corpo celeste em relação à um ponto de referência, quando observado de diferentes lugares.

Figura 51 - Brahe e alguns aspectos sociais

Rogério: E uma simples Nova causou tanto reboliço?

Tycho: Sim; o aparecimento de um novo objeto nos céus provocou um intenso debate: ele estaria localizado abaixo ou acima da Lua? Se estivesse abaixo, tudo bem, mas se estivesse acima o caldo entornava. Teríamos uma mudança no céu antes tido como imutável.

- Tycho: Também não encontrei qualquer paralaxe. A questão é que dentro da precisão em que minhas medidas haviam sido feitas a tal estrela Nova deveria, no mínimo estar para além da oitava esfera das estrelas. Isso foi um golpe tremendo no dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico que havia se tornado a visão da Igreja Católica.

Explique o que é uma paralaxe?
<https://youtu.be/RqI0a5vRHg8?feature=shared>

O que afirma o dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico?

Fonte: o autor

Outro ponto que gerou dúvidas foi o dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico. Esse assunto foi abordado e discutido no sexto encontro, conforme será descrito mais adiante.

Finalizando a descrição do encontro 3, observamos que os estudantes se engajaram nos estudos propostos, fizeram comentários e principalmente

discutiram aspectos relacionados às suas concepções alternativas sobre alguns aspectos relacionados ao desenvolvimento de conhecimentos científicos e a natureza da ciência. Agora iniciaremos a descrição do quarto encontro.

No encontro 4 (2 aulas de 45 minutos), como estratégia de ensino, seguimos o mesmo procedimento adotado no encontro anterior, aula expositiva e dialogada com momentos de discussões envolvendo aspectos da natureza das ciências e do desenvolvimento do conhecimento científico.

Nesse encontro exploramos os trechos do diálogo que estão nas páginas 22 e 23 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe” de Medeiros (2001). Fizemos a retomada com a problematização de diversos trechos, buscando confrontar algumas concepções alternativas indicadas pelos estudantes na etapa inicial.

Destacamos, nesse encontro, que a imprecisão de dados observacionais anteriores só foi identificada séculos depois, com a dedicação e o trabalho de outros astrônomos, especialmente Tycho Brahe.

Figura 52 - Brahe e os dados observacionais

COM BASE NO COMENTÁRIO AO LADO, VOCÊ CONSEGUE INFERIR SOBRE UMA DAS GRANDES CONTRIBUIÇÕES DE TYCHO BRAHE PARA A ASTRONOMIA?

UTILIZE ESSE COMENTÁRIO PARA FALAR MAIS UM POUCO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA!!!

Tycho Brahe: [...] Naquela época eu já tinha completado os dezessete anos. Foi então que observei Júpiter e Saturno passarem muito perto um do outro. Aquilo, para mim, foi um acontecimento memorável. Isso se deu, precisamente, em 17 de agosto de 1563. Lendo as melhores tabelas astronômicas disponíveis naquela época, entretanto, constatei uma enorme disparidade entre o instante do acontecimento e o instante previsto. As tabelas Afonsinas, devidas aos astrônomos árabes, haviam errado a data do fenômeno observado por algo em torno de um mês, e mesmo as tabelas elaboradas pelo Copérnico também erravam sua previsão por vários dias. Aquilo tudo me pareceu inaceitável.

Fonte: o autor

Ressaltamos que os dados, identificados como imprecisos posteriormente, foram úteis no passado, para a elaboração de determinados modelos, ainda que não explicavam outros fenômenos, dando margem para a continuidade de estudos, sugerindo a necessidade de dados mais precisos, com o aperfeiçoamento ou invenção de instrumentos de observação, essa foi uma das contribuições importantes de Tycho Brahe (Tossato, 2022), propiciando a evolução científica na Astronomia. Outra contribuição está na discussão

metodológica, o que caracteriza sua influência nas duas leis de Kepler, conforme Tossato (2004).

Também colocamos em debate o papel e a influência da Astrologia na história da Astronomia, exploramos trechos do artigo que indicam os interesses de Tycho Brahe por Astrologia e Astronomia, salientando que hoje a primeira não é considerada uma ciência, enquanto a segunda sim, mas nem sempre foi desta forma, como podemos observar no desenvolvimento histórico. Além disso, a Astrologia teve uma influência considerável no desenvolvimento da Astronomia, por exemplo, com os financiamentos dos estudos, entre vários outros fatores como indicado em Medeiros (2001).

Figura 53 - Brahe e os estudos de Astrologia e Astronomia

Qual foi o papel da Astrologia no desenvolvimento da Astronomia de acordo com o texto?

NO SEGUINTE TRECHO DA CONVERSA HÁ UMA CITAÇÃO ENVOLVENDO ASTRONOMIA E ASTROLOGIA.

VAMOS PENSAR!!!

Tycho Brahe: [...] um eclipse parcial do Sol. Ele havia sido previsto com exatidão pelos astrônomos. Eu achei aquilo incrível, que o homem pudesse saber o que aconteceria no reino dos céus. Pareceu-me algo divino que o homem pudesse conhecer o movimento dos astros e prever suas posições futuras. Eu que sempre fui um cara místico, passei a interessar-me pela astrologia.

Osmar: Você quer dizer Astronomia, não?

Você sabe qual é a diferença entre Astrologia e Astronomia atualmente?

Fonte: o autor

Outros aspectos que foram abordados no referido encontro, dizem respeito às comunidades científicas de uma determinada época, que elaboram critérios para delimitar o que é considerado ciência e o que não é, tais critérios se alteram de tempos em tempos, o que evidencia o caráter humano, social, cultural e político envolvido no desenvolvimento das ciências, ou seja, é uma prática humana.

Figura 54 - O trabalho coletivo na ciência

TYCHO: CONSTRUÍ URANIBORG, O "CASTELO DOS CÉUS", UM IMENSO PALÁCIO DE TRÊS ANDARES ESPECIALMENTE PROJETADO, SOB MINHA SUPERVISÃO, POR UM ARQUITETO ALEMÃO, PARA SER O MAIOR OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DO MUNDO

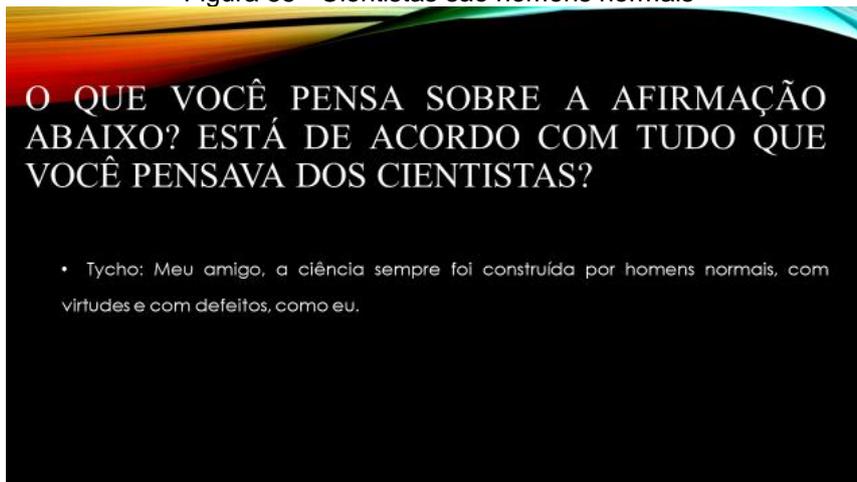
PODEMOS AFIRMAR QUE OS CIENTISTAS EM GERAL VIVEM E TRABALHAM SOZINHOS, ISOLADOS DO MUNDO E DE QUESTÕES SOCIAIS? COMENTE!

- Tycho: Pois é, Uraniborg era para mim uma festa em todos os sentidos, dos prazeres intelectuais aos prazeres da vida. Lá tive muitos filhos, dei festas, e, sobretudo, observei atentamente o céu, com a ajuda dos meus instrumentos e dos meus auxiliares. Dos instrumentos já falei. Dos estudantes vale a pena falar um pouco. Tive vários e muito talentosos. Uraniborg era mais que um observatório era uma verdadeira escola de Astronomia. Foram meus discípulos em Uraniborg, dentre outros, Peder Jacobsen Flemlose, John Hammond, Elias Olsen Morsing, Gellius Sacerides, Paul Wittich, Willem Janszoon Blaeu e, acima de todos, Christian Sorensen, conhecido como Longomontanus [...].

Fonte: o autor

Certamente esses aspectos ajudam a confrontar diversas concepções alternativas acerca das ciências, conhecimentos científicos e perfis de cientistas, apresentadas pelos estudantes. Propomos ainda o debate acerca da seguinte afirmação que consta no artigo de Medeiros (2001).

Figura 55 - Cientistas são homens normais



Fonte: o autor

Destacamos assim, que práticas científicas nas ciências naturais, em geral, buscam explicar fenômenos naturais, e que o conhecimento científico é desenvolvido de forma coletiva, é provisório e confiável. A ciência enquanto projeto de pesquisa (tal como se encontra em Brahe) é organizada e planejada, para tanto deve ser financiada, de maneira a integrar os cientistas (assistentes de Brahe), necessitando de financiamentos, esse também é um caráter social da Ciência.

Os cientistas são homens e mulheres normais, que dedicam parte do seu tempo às ciências, mas têm uma vida social como a de outros, com as mesmas características, vitórias, derrotas, felicidades, decepções, desafios, conquistas, entre outros.

Finalizando a descrição dos principais elementos discutidos no encontro 4, mais uma vez observamos o engajamento dos estudantes nas discussões propostas, em especial, confrontando algumas concepções alternativas indicadas por eles. Observamos estudantes dizendo frases como “Eu não sabia que era assim, acreditava que as coisas em ciências eram sempre eternas”.

Ao final de cada um dos encontros 3 e 4, perguntamos aos estudantes sobre a dinâmica realizada, e indicamos que no próximo encontro seriam abordados alguns modelos cosmológicos, citados no artigo. Para nossa feliz surpresa, eles imediatamente sugeriram fazer na forma de seminários, apresentados por eles, em grupos, com a supervisão e orientação das professoras.

Aceitamos a proposta dos estudantes, por acreditar nas ideias apresentadas por Zabala (1998), quando afirma que:

É imprescindível prever propostas de atividades articuladas e situações que favoreçam diferentes formas de se relacionar e interagir: distribuições grupais, com organizações internas convenientemente estruturadas através de equipes fixas e móveis com atribuições de responsabilidades claramente definidas; espaços de debate [...] (Zabala, 1998, 93).

Esse autor também aponta algumas vantagens que o trabalho em pequenos grupos pode oferecer em determinadas situações, segundo ele:

Há outras razões comuns às equipes móveis e aos grupos fixos, que decorrem das possibilidades que a aprendizagem entre iguais oferece. Numa estrutura de tais características surgem muitas situações em que é possível que os próprios meninos e meninas se ajudem entre si. Ensinar modelos, novas explicações, ou interpretações mais próximas dos pontos de vista dos alunos faz com que nesta estrutura possam se beneficiar tanto da comparação entre perspectivas diferentes como da possibilidade de dar e receber ajuda entre colegas (Zabala, 1998, pp.123-124).

Relembramos que no encontro 5 buscamos explorar os principais modelos⁹ cosmológicos citados no artigo e alguns argumentos físicos que foram utilizados em suas justificativas.

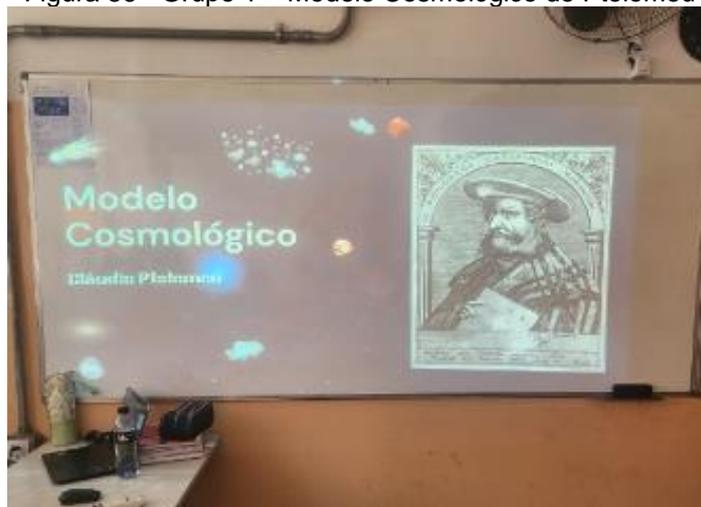
Com a mudança na estratégia de apresentação dos modelos cosmológicos, demos um prazo de 15 dias para os estudantes, em pequenos grupos, prepararem as apresentações, com a orientação das professoras.

Os estudantes se organizaram e apresentaram os seminários. Cada grupo contou com aproximadamente 10 minutos de apresentação, seguidas de mais 10 minutos para questionamentos e debates.

O grupo 1, formado pelos estudantes A4, A10, A14, A16, A17 e A23, apresentaram o modelo ptolomaico.

⁹ Uma discussão mais aprofundada acerca dos modelos cosmológicos citados aqui, envolvendo aspectos filosóficos e comparações entre eles, é encontrada nos artigos publicados por Tossato (2004 e 2022).

Figura 56 - Grupo 1 – Modelo Cosmológico de Ptolomeu



Fonte: o autor

Relatamos aqui apenas alguns destaques da apresentação. Os estudantes destacaram que o modelo proposto por Ptolomeu é geocêntrico, com as órbitas dos planetas circulares. Com os planetas girando ao redor da Terra, cada planeta tem uma órbita circular, cujo centro da circunferência é um ponto imaginário, chamado epiciclo. Por sua vez os epiciclos também giram ao redor da Terra, com órbitas circulares, chamadas deferente, ressaltando que cada planeta tem sua própria órbita.

Acrescentaram ainda que Ptolomeu era adepto das premissas platônicas e aristotélicas, as quais pressupunham esferas de cristais com raios distintos, abrigando os corpos celestes.

Figura 57 - Grupo 1 – Esferas ao redor da Terra



Fonte: o autor

Apesar de ser um modelo que já foi superado por outros, destacamos alguns aspectos relacionados às concepções alternativas, indicadas pelos estudantes, na ocasião em que indicaram em seus desenhos dos movimentos planetários, diferentes planetas em uma mesma órbita, favorecendo a reformulação de tal concepção.

Já o grupo 2, formado pelos estudantes A7, A8, A13, A15, A18 e A22 apresentaram o modelo copernicano.

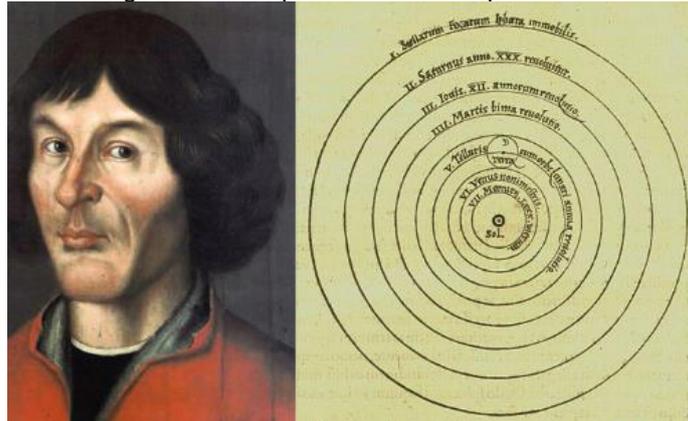
Figura 58 - Grupo 2 – Modelo Cosmológico de Copérnico



Fonte: o autor

Destacamos, de forma resumida, as principais características do modelo de Copérnico, apresentadas pelo grupo 2. Eles ressaltaram que Copérnico buscou desenvolver um modelo para os movimentos planetários no qual os planetas giram em torno do Sol, ou seja, trata-se de um modelo heliocêntrico, considerou ainda que se um determinado planeta está mais próximo do Sol, então a velocidade orbital do mesmo será maior, quando comparado com um planeta que se encontra mais distante do Sol, assim conseguiu explicar os movimentos planetários, em especial os movimentos retrógrados dos planetas, sem recorrer aos epiciclos utilizados por Ptolomeu. Seu modelo considera ainda que cada um dos planetas tem sua própria órbita, que é circular.

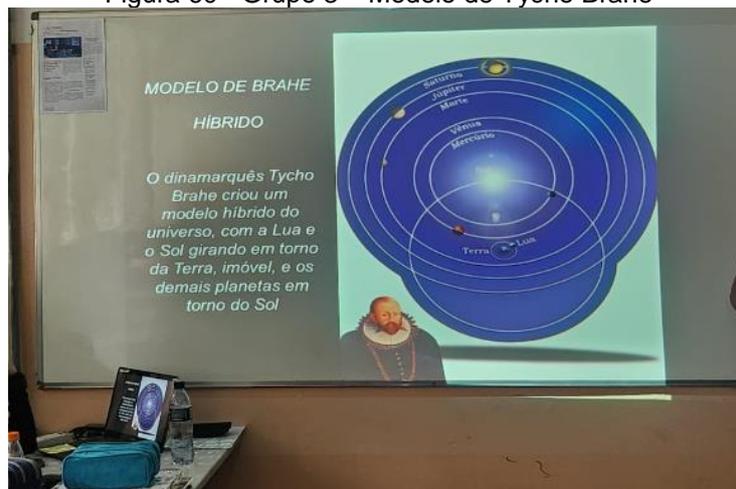
Figura 59 - Grupo 2 – Modelo copernicano



Fonte: estudantes do grupo 2

O grupo 3, formado pelos estudantes A2, A3, A5, A6 e A19, apresentou o modelo híbrido proposto por Tycho Brahe. Em síntese, eles destacaram algumas características da vida de Tycho Brahe, como os estudos não concluídos em direito, seus trabalhos em Astrologia que lhe renderam fama, dinheiro e condições favoráveis para o desenvolvimento de estudos astronômicos, e também características peculiares como ser briguento, bebedor e gostar de festas, tais características ajudam a confrontar as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes, relacionadas aos perfis de cientistas, considerando-os seres humanos “especiais” e “perfeitos”.

Figura 60 - Grupo 3 – Modelo de Tycho Brahe



Fonte: o autor

A respeito do modelo híbrido proposto por Tycho Brahe, indicaram que se trata de um modelo cujo o Sol e a Lua giram em torno da Terra, entretanto os outros planetas giram em torno do Sol. Uma vez que o Sol gira em torno da

Terra, os demais também o fazem, além de girar em torno do Sol, por isso o adjetivo híbrido, isto é, possui elementos dos modelos geocêntricos e heliocêntricos.

Por fim, o grupo 4, formado pelos estudantes A1, A9, A11, A12, A20 e A21, apresentaram o modelo proposto por Kepler.

Figura 61 - Grupo 4 – Modelo Cosmológico de Kepler



Fonte: estudantes do grupo 4

Inicialmente os estudantes apresentaram uma breve biografia de Johannes Kepler, e na sequência destacaram que ele utilizou os dados observacionais de Tycho Brahe, enfatizaram também que a influência de Brahe no trabalho de Kepler não se limitou aos dados mais precisos, mas também ao método científico adotado por ele após atuar como assistente de Brahe, esse aspecto foi debatido com a leitura do artigo de Medeiros (2001).

Na sequência passaram a falar sobre as leis de Kepler e sobre aspectos gerais do modelo por ele proposto.

Figura 62 - Grupo 4 – As motivações de Kepler



Fonte: estudantes do grupo 4

Antes de enunciar as leis de Kepler, destacaram que o modelo por ele proposto é heliocêntrico, no qual cada planeta tem sua própria órbita, e que são todas elípticas. Na sequência passaram às leis de Kepler para descrever os movimentos planetários, sintetizadas no seguinte quadro, adaptadas do livro de Oliveira e Saraiva (2017).

Quadro 11 - As leis de Kepler

1ª Lei: A órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos. Uma consequência imediata é que há variação da distância do Sol ao planeta no percurso de sua órbita.

2ª Lei: A reta unindo o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. A consequência imediata é que a velocidade orbital não é uniforme, mas varia de forma regular, isto é, quanto mais distante do Sol, mais lentamente o planeta se movimenta.

3ª Lei: O quadrado do período orbital dos planetas é diretamente proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol. A consequência imediata é que planetas com órbitas maiores se movem mais lentamente em torno do Sol, assim a força entre o Sol e o planeta diminui com a distância entre eles.

Fonte: Adaptado de Oliveira e Saraiva (2017)

Os slides utilizados pelos estudantes do grupo 4 para abordar as leis de Kepler estão ilustrados na Figura 63, logo abaixo. Não aprofundamos as discussões acerca das leis de Kepler¹⁰, por falta de tempo e pelo escopo do nosso trabalho. Demos mais ênfase às influências de Brahe no desenvolvimento do modelo proposto por Kepler.

Figura 63 - Grupo 4 – As leis de Kepler

Como funciona o modelo
o modelo de Kepler é baseado em 3 leis, são elas:

Lei das órbitas
A primeira lei de Kepler afirma que a órbita dos planetas que giram em torno do Sol não é circular, mas sim elíptica. Além disso, o Sol sempre ocupa um dos focos dessa elipse. Apesar de elípticas, algumas órbitas, como a da Terra, são muito próximas de um círculo, pois são elipses que apresentam uma excentricidade muito pequena. A excentricidade, por sua vez, é a medida que mostra o quanto uma figura geométrica difere-se de um círculo e pode ser calculada pela relação entre os semieixos da elipse.

Lei das áreas
A segunda lei de Kepler afirma que a linha imaginária que liga o Sol aos planetas que o orbitam varre áreas em intervalos de tempo iguais. Em outras palavras, essa lei afirma que a velocidade com que as áreas são varridas é igual, isto é, a velocidade areolar das órbitas é constante.

Lei dos períodos ou lei da harmonia
A terceira lei de Kepler afirma que o quadrado do período orbital (T^2) de um planeta é diretamente proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol (R^3). Além disso, a razão entre T^2 e R^3 tem exatamente a mesma magnitude para todos os astros que orbitam essa estrela.

“ A órbita dos planetas é uma elipse em que o Sol ocupa um dos focos ”

Fonte: estudantes do grupo 4

¹⁰ Deixamos como sugestão a leitura de dois artigos que podem inspirar abordagens similares à que propomos aqui, para abordar as três leis de Kepler por meio do contexto histórico, são eles: “Entrevista com Kepler: Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis” de Medeiros (2002) e “Continuação da Entrevista com Kepler: A Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário” de Medeiros (2003).

E, finalizando o segundo momento pedagógico - organização do conhecimento de Delizoicov (2001), realizamos o Encontro 6, focando aprofundar um pouco mais a discussão acerca de alguns aspectos relacionados à natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe no desenvolvimento da Astronomia, além disso, também abordamos algumas questões filosóficas que influenciaram o desenvolvimento dos modelos cosmológicos apresentados no capítulo anterior.

Nesse encontro tivemos a colaboração de um professor de Filosofia, que atua como professor efetivo, na mesma escola, a mais de 10 anos. É importante destacar que essa participação não estava prevista, entretanto o professor se voluntariou, pois teve contato com o trabalho que estávamos desenvolvendo, e ele próprio também já ministrou essa mesma disciplina Eletiva por três anos.

Imediatamente aceitamos a participação desse professor, por julgar que a interdisciplinaridade é naturalmente desejável e está intrinsicamente relacionada com uma abordagem explorando o contexto histórico, autores como Martins (2006b), Moreira e Proença (2017) e Fazenda (1994), também defendem esse ponto de vista. Vamos incorporar essa sugestão na sequência didática reformulada para o produto final.

Novamente iniciamos as discussões e problematizações, enfatizando alguns aspectos relacionados à natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe à Astronomia. Foram abordados trechos dos diálogos das páginas 25 a 30 do artigo de Medeiros (2021).

Destacamos, em especial, a necessidade de um trabalho coletivo, envolvendo a contribuição e colaboração entre vários cientistas na construção de conhecimentos científicos, outro aspecto relacionado à natureza das ciências que foi debatido ancorou-se nas influências culturais, sociais, políticas e religiosas na construção desses conhecimentos, além da importância e como se dá a interação entre teoria e dados experimentais na construção de conhecimentos científicos.

Figura 64 - Teoria e experimentação

O QUE SIGNIFICA A SEGUINTE AFIRMAÇÃO FEITA POR TYCHO BRAHE NO TEXTO?

A CIÊNCIA RETIRA SUAS VERDADES E TEORIAS DAS EXPERIMENTAÇÕES E OBSERVAÇÕES?

OU AS EXPERIMENTAÇÕES E OBSERVAÇÕES, EM GERAL, JÁ SÃO INFLUENCIADAS POR HIPÓTESES E TEORIAS?

- Tycho: É, meu caro, mas perceba que se minhas observações da queda dos corpos estavam, como vocês dizem atualmente, carregadas de teoria, isso não é menos verdade para as suas teorias atuais. Toda observação na ciência sempre esteve carregada de teoria, não apenas as minhas.

Fonte: o autor

Salientamos, assim como afirma Medeiros (2001), que, em geral, em ciências naturais, todo processo de realização de experimentos sempre está influenciado de alguma forma por teoria ou teorias, que de fato podem ser confirmadas ou refutadas, mas é inegável sua influência a priori¹¹. Aqui pode-se confrontar uma outra concepção alternativa que não foi explorada por nós na atividade inicial, aquela que afirma que primeiro são realizados experimentos e apenas a partir deles pode-se chegar à teorização.

A produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, mas os experimentos não são a única rota para o conhecimento científico e são dependentes de teorias, já que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente¹² (Henrique, Andrade e L'astorina, 2010, p.19).

Na sequência, o professor de Filosofia, abordou aspectos da cosmologia de Platão. Aqui vamos nos limitar a destacar os aspectos que estão diretamente relacionados com trechos do artigo de Medeiros (2021). Em especial, a colaboração de Tycho Brahe para contrapor os dogmas platônicos. Retomamos as observações e conclusões de Brahe acerca da Nova de 1572 e do Cometa de 1577.

Na cosmologia platônica, o Cosmos tem forma esférica, devido à sua perfeição (simetria e homogeneidade), a Terra é uma esfera imóvel no centro do cosmos, que é formado por oito esferas concêntricas, uma encaixada na outra,

¹¹ Essa não é a ideia de ciência de Tycho Brahe.

¹² Ressaltamos que essa é uma visão contemporânea de produção do conhecimento científico e não representa a visão de ciência de Tycho Brahe.

a mais externa contém as estrelas fixas, e lá não há mudanças, ou seja, é imutável, as demais estão associadas aos sete corpos celestes que eram conhecidos na antiguidade (Lua, Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno). Todos os corpos celestes giram em torno da Terra, de leste para oeste.

Figura 65 - Modelo cosmológico de Platão



Fonte: o autor

A hipótese da imutabilidade na esfera externa, aquela que abriga as estrelas fixas, foi colocada em xeque com as observações e os dados de Tycho Brahe sobre a Nova de 1572, pois ele chegou à conclusão, por meio de seus cálculos, que tal estrela não apresentava paralaxe, verificando assim que ela estava para além da esfera lunar, mas de acordo com os dogmas platônicos ou aristotélicos, nada de novo poderia surgir para além da esfera da Lua, devido a imutabilidade. “Esse fenômeno por si só já seria uma prova contra a teoria aristotélica da imutabilidade do mundo celeste” (Tossato, 2004, p. 545).

Finalizando as considerações relativas aos Encontro 6, retomamos alguns aspectos gerais do nosso estudo. No desenvolvimento da sequência didática, em várias situações os estudantes foram confrontados em relação às concepções alternativas apresentadas na atividade inicial, envolvendo aspectos a respeito da natureza da ciência, da construção histórica do conhecimento científico, dos modelos para os movimentos planetários, além disso, por meio de um contexto histórico, abordamos as principais contribuições de Tycho Brahe

para a Astronomia.

Com a aplicação da sequência didática, buscamos oferecer aos estudantes uma vivência que possibilitasse uma reflexão acerca da construção do conhecimento científico, assim como o estudo de noções da Astronomia por meio de uma perspectiva histórica, com estudos sobre as diferentes interpretações ou modelos dos movimentos planetários envolvidos na evolução histórica da Astronomia, além da oportunidade de reformular algumas concepções alternativas.

5.5 Encontro 7

Agora vamos abordar o Encontro 7, que por sua vez, contempla o terceiro momento pedagógico, denominado por Delizoicov (2001) como o momento de “aplicação do conhecimento”.

Queremos verificar se há indícios de que houve mudanças nas concepções alternativas dos estudantes, em especial aquelas sobre alguns aspectos da natureza das ciências e a produção de conhecimento científico, assim como, se avançaram em relação ao conhecimento de noções sobre os movimentos planetários e as principais contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia.

Participaram dessa etapa 23 estudantes, respondendo individualmente as questões propostas e entregando seus protocolos. Entregamos uma folha para cada estudante, com as seguintes questões e espaço para resposta na própria folha. Na sequência faremos considerações a respeito de cada uma delas.

Questão 1 – Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Questão 3 – Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

Questão 4 – Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Em relação à primeira questão:

5.5.1 Questão 1 – Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.

Com essa questão buscamos verificar quais as contribuições de Brahe para Astronomia seriam lembradas pelos estudantes, ou seja, aquelas que possivelmente tinham ficado marcadas em suas experiências com a sequência didática.

Os estudantes deram algumas respostas curtas que se alternaram entre a contribuição com a criação e aperfeiçoamentos de instrumentos astronômicos, o que colaborou com dados mais precisos, e a criação de um modelo híbrido.

Sintetizamos tais respostas no seguinte quadro, e na sequência apresentamos algumas respostas dos estudantes que estão classificadas no quadro, e outras que fugiram do padrão.

Quadro 12 - Repostas dos estudantes - Questão 1 – Encontro 7

Principais contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia	Quant. de Estudantes
Criação ou aperfeiçoamento de instrumentos astronômicos. (A7)	1
Modelo cosmológico híbrido. (A4 e A5)	2
Instrumentos astronômicos e modelo cosmológico híbrido. (A6, A14 e A17)	3
Modelo cosmológico e influenciou outros astrônomos. (A2 e A16)	2
Instrumentos astronômicos, modelo cosmológico híbrido e influenciou outros astrônomos (A18 e A19)	2
Dados observacionais mais precisos e modelo cosmológico híbrido (A8, A10 e A22)	3
Observou a mutabilidade dos céus (A1, A9, A21 e A23)	4
Dados observacionais mais precisos e instrumentos astronômicos. (A11, A12, A13, A15 e A20)	5
Resposta incompreensível (A3)	1

Fonte: o autor

Observamos, por meio do Quadro 12, que a criação ou aperfeiçoamento de instrumentos astronômicos foi a contribuição de Tycho Brahe para a Astronomia citada por 11 estudantes, e foi superada pela lembrança de seu modelo cosmológico híbrido, já que esse foi indicado na resposta de 12 estudantes.

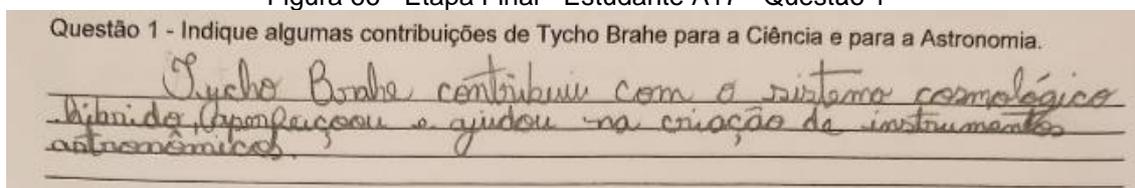
Também foram lembrados seus dados observacionais mais precisos, citados por 8 estudantes, sua influência no trabalho de outros astrônomos foi indicada por 4 estudantes, e sua observação a respeito da mutabilidade dos

céus, foi lembrada por 2 estudantes. É importante destacar que essa última contribuição ajudou a romper com os dogmas platônicos.

É interessante observar que a grande maioria dos estudantes, lembrou de pelo menos duas contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia, de certa forma, esse fato já ajuda a superar a única referência que geralmente é feita a Brahe em livros didáticos, a saber, “fornecer dados astronômicos mais precisos para Kepler”.

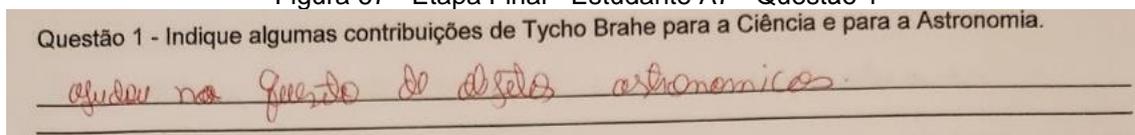
Apenas com caráter exemplar, seguem nas Figuras 66, 67 e 68 os protocolos com as respostas de três estudantes para a primeira questão.

Figura 66 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 1



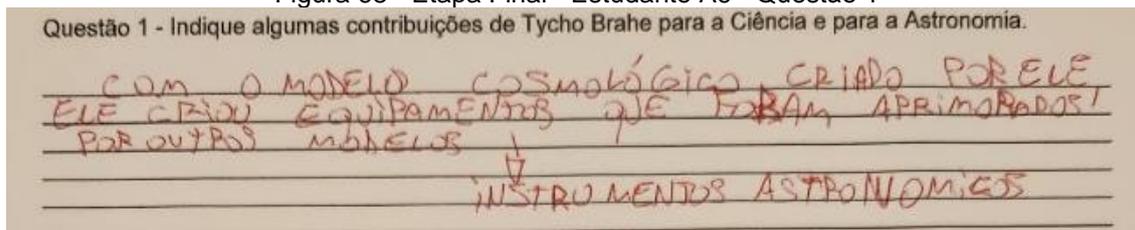
Fonte: o autor

Figura 67 - Etapa Final - Estudante A7 - Questão 1



Fonte: o autor

Figura 68 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 1



Fonte: o autor

Agora, vamos abordar as respostas dos estudantes na segunda questão.

5.5.2 Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Com essa questão buscamos verificar se os estudantes lembravam das principais características de alguns modelos cosmológicos que foram estudados e principalmente se indicariam algumas diferenças entre eles.

As respostas dos estudantes nessa questão, em geral, foram bem variadas. Entretanto, 13 estudantes se limitaram a indicar apenas modelo geocêntrico, heliocêntrico ou híbrido, ou algo similar, vamos agrupar tais respostas no Quadro 13 e apresentar alguns exemplos de protocolos. As demais respostas, aquelas que apresentam mais elementos ou comparação entre modelos, faremos a descrição e apresentaremos os protocolos com as respostas.

Destacamos que apenas a estudante A21 respondeu essa questão indicando apenas “**Não**”.

Os estudantes que apresentaram respostas indicando apenas geocêntrico, heliocêntrico ou híbrido, ou algo similar, são os seguintes: A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A18, A19, A20 e A22. Suas respostas estão indicadas no Quadro 13:

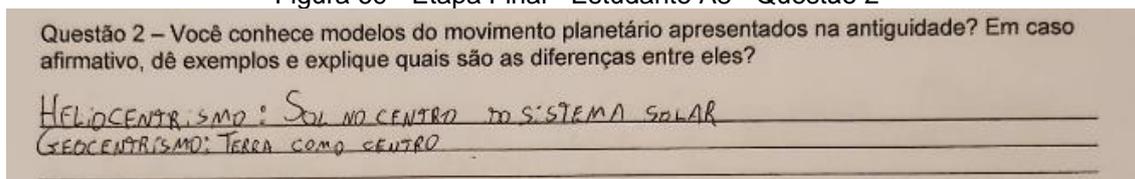
Quadro 13 - Respostas dos estudantes A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A18, A19, A20 e A22 - Questão 2 – Encontro 7

Modelos do movimento planetário e indicação dos estudantes	Quant. de Estudantes
Geocêntrico e Heliocêntrico (A4, A5, A6, A7, A8, A13, A18, A19 e A22)	9
Geocêntrico, Heliocêntrico e Híbrido (A3)	1
Geocêntrico (A11, A12 e A20)	3

Fonte: o autor

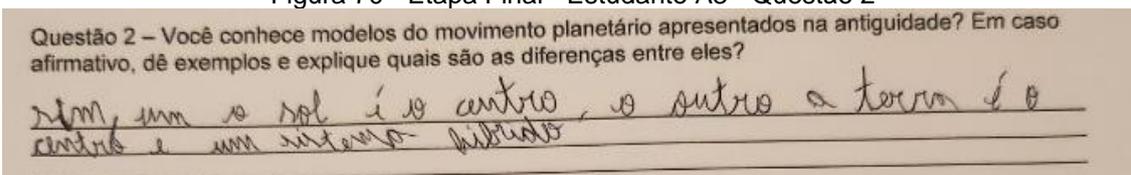
Seguem nas Figuras 69, 70 e 71, exemplos de respostas dos estudantes, de acordo com o Quadro 13.

Figura 69 - Etapa Final - Estudante A8 - Questão 2



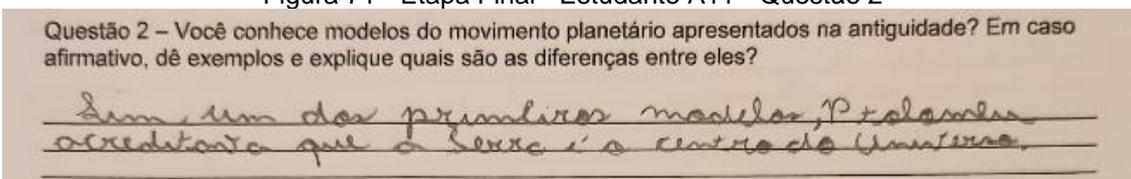
Fonte: o autor

Figura 70 - Etapa Final - Estudante A3 - Questão 2



Fonte: o autor

Figura 71 - Etapa Final - Estudante A11 - Questão 2



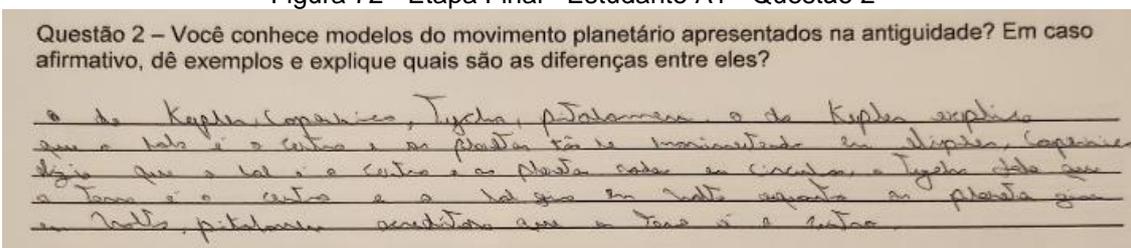
Fonte: o autor

Passamos agora a tecer comentários acerca das respostas apresentadas pelos demais estudantes para a Questão 2.

O estudante A1 lembrou dos quatro modelos abordados na sequência didática e indicou algumas características dos mesmos, além de indicar o nome dos astrônomos. Ele respondeu essa questão da seguinte forma:

A1 – Os de Kepler, Copérnico, Tycho e Ptolomeu. O de Kepler explica que o Sol é o centro e os planetas estão se movimentando em elipses. Copérnico dizia que o Sol é o centro e os planetas rodam em círculos. O Tycho fala que a Terra é o centro e o Sol gira em volta, enquanto os planetas giram em volta. Ptolomeu acredita que a Terra é o centro.

Figura 72 - Etapa Final - Estudante A1 - Questão 2



Fonte: o autor

Observamos ainda, que o estudante A1, além de citar características importantes dos quatro modelos, citou dois heliocêntricos e indicou uma diferença, quando cita as órbitas dos planetas em cada. Também destacou características fundamentais do modelo híbrido de Tycho Brahe.

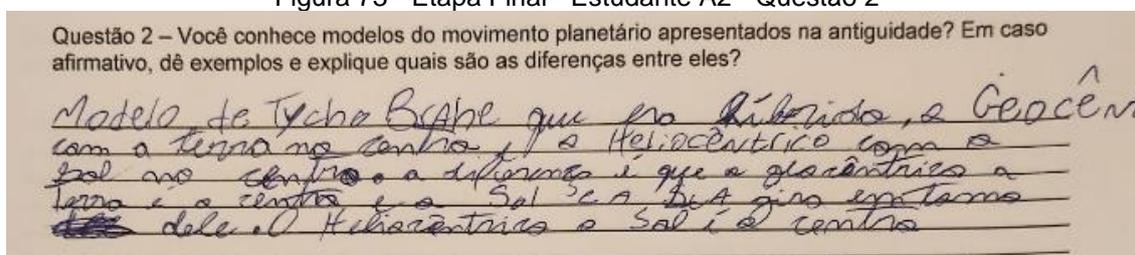
Destacamos ainda, que na etapa inicial, na Questão 1, esse mesmo

estudante indicou não conhecer nenhum cientista que havia contribuído com o desenvolvimento da Astronomia. Dessa forma, inferimos que a sequência didática favoreceu a construção de novos conhecimentos para esse estudante.

O estudante A2, em sua resposta, citou o modelo híbrido proposto por Tycho Brahe, e indicou a diferença entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico. Sua resposta foi a seguinte:

A2 – Modelo de Tycho Brahe que era híbrido, o geocêntrico com a Terra no centro e o heliocêntrico com o Sol no centro, a diferença é que o geocêntrico a Terra é o centro e o Sol e a Lua giram em torno dele. O heliocêntrico o Sol é o centro.

Figura 73 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 2



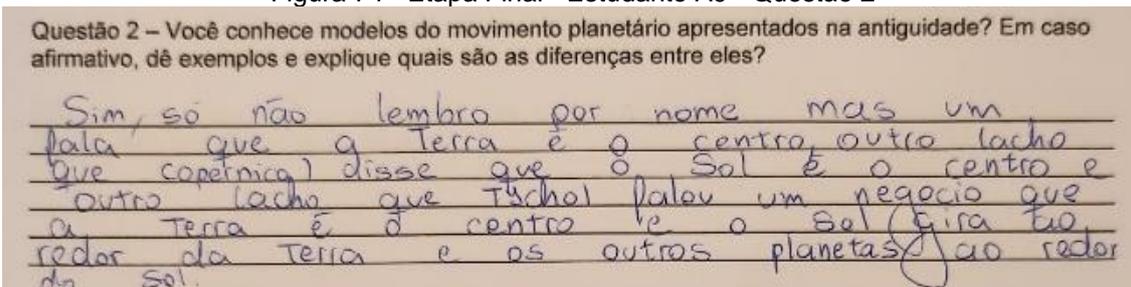
Fonte: o autor

Observamos que o estudante A2 não descreveu as características do modelo de Brahe, entretanto, considerando que na etapa inicial, na Questão 1 ele respondeu não conhecer cientistas que haviam contribuído com o desenvolvimento da Astronomia, acreditamos que houve avanço, uma vez que citou Tycho Brahe e o seu modelo.

Já a estudante A9, respondeu a segunda questão da seguinte forma:

A9 – Sim, só não lembro por nome, mas um fala que a Terra é o centro, outro (acho que Copérnico) disse que o Sol é o centro, e outro (acho que Tycho) falou um negócio que a Terra é o centro e o Sol gira ao redor da Terra e os outros planetas ao redor do Sol.

Figura 74 - Etapa Final - Estudante A9 - Questão 2



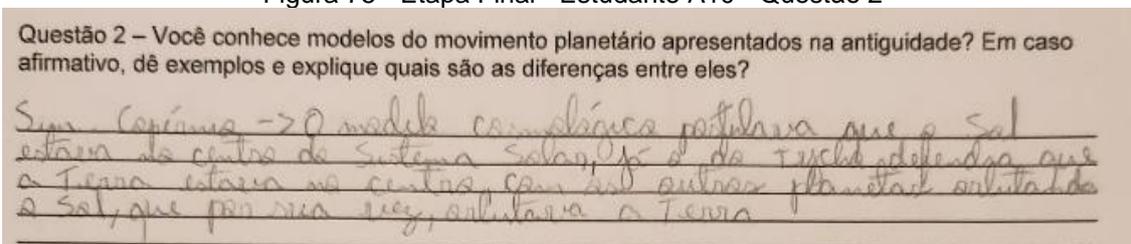
Fonte: o autor

Apesar de não ter muita certeza sobre os nomes dos astrônomos, a estudante A9 citou corretamente uma característica importante do modelo híbrido proposto por Tycho Brahe. Observamos um avanço no caso dessa estudante, visto que ela havia indicado não conhecer cientistas que haviam contribuído com o desenvolvimento da Astronomia, na etapa inicial.

A estudante A10 apresentou a seguinte resposta:

A10 - Sim. Copérnico - O modelo cosmológico postulava que o Sol estava no centro do Sistema Solar, já o de Tycho defendia que a Terra estava no centro com os outros planetas orbitando o Sol, que por sua vez, orbitava a Terra.

Figura 75 - Etapa Final - Estudante A10 - Questão 2



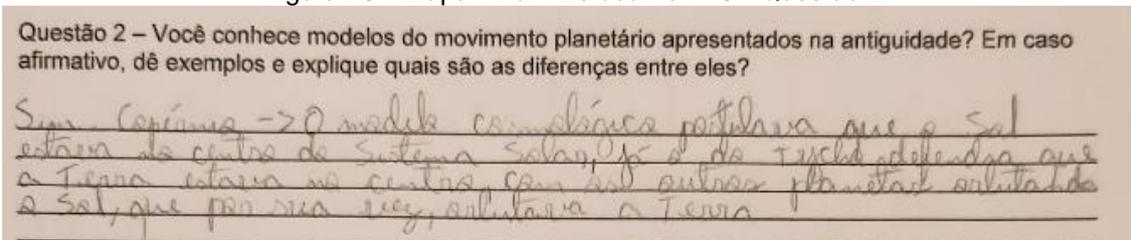
Fonte: o autor

A estudante A10 citou corretamente o modelo cosmológico de Copérnico como heliocêntrico, lembrou também do modelo híbrido proposto por Tycho Brahe, assim como descreveu uma importante característica de tal modelo. Também observamos, no caso dessa estudante A10, um avanço, pois na atividade inicial ela respondeu não conhecer cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da Astronomia, agora, além de citar dois importantes astrônomos, ela apresenta características importantes dos modelos por eles propostos.

A estudante A15 respondeu da seguinte forma:

A15 – Sim, existem 2 modelos, o heliocêntrico e o geocêntrico, o heliocêntrico foi desenvolvido por Copérnico que colocava o Sol no centro e não a Terra que é estudado no geocentrismo.

Figura 76 - Etapa Final - Estudante A15 - Questão 2



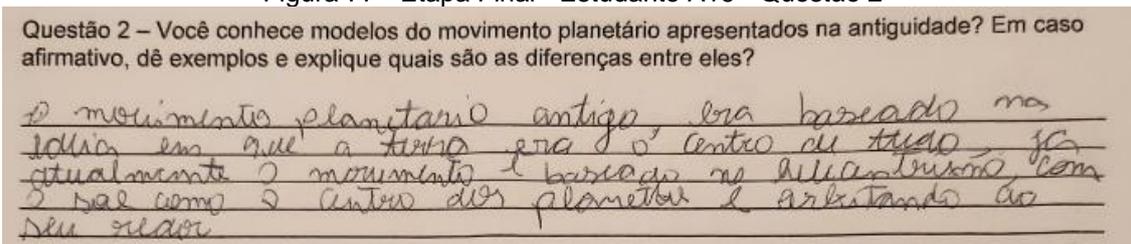
Fonte: o autor

A estudante A15, em sua resposta, indicou que existem dois modelos, o heliocêntrico e o geocêntrico, indicando a principal característica de cada um, entretanto quando afirma a existência de dois modelos, parece ter esquecido do modelo híbrido proposto por Tycho Brahe, e ainda parece não considerar a existência, por exemplo, de dois modelos heliocêntricos distintos, como é o caso do modelo proposto por Copérnico e o modelo proposto por Kepler. Na etapa inicial da sequência didática ela indicou os astrônomos Galileu Galilei, Johannes Kepler e Isaac Newton, citando outros dois cientistas que não eram astrônomos.

A estudante A16, indicou como resposta:

A16 – O movimento planetário antigo era baseado na ideia em que a terra era o centro de tudo, já atualmente o movimento é baseado no heliocentrismo, com o Sol como centro, os planetas orbitando ao seu redor.

Figura 77 - Etapa Final - Estudante A16 - Questão 2



Fonte: o autor

Observamos na resposta dessa estudante a indicação de características

dos modelos geocêntricos e heliocêntricos, o primeiro indicado como o antigo e o segundo como o atual, entretanto parece não ter lembrado que existem modelos heliocêntricos distintos, também não fez referência ao modelo híbrido de Tycho Brahe. Ela não citou nomes de astrônomos nessa questão. O mesmo ocorreu na atividade inicial.

A estudante A17 indicou em sua resposta conhecer alguns modelos de movimentos planetários, ela associou o modelo geocêntrico a Ptolomeu e o heliocêntrico a Copérnico, sua resposta foi a seguinte:

A17 – Conheça alguns modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade, como: Geocentrismo, defendido por Cláudio Ptolomeu (onde a Terra era o centro de tudo) e o Heliocentrismo, defendido por Nicolau Copérnico (onde o Sol era o centro de tudo).

Figura 78 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 2

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

O movimento planetário antigo era baseado na Terra em que a Terra era o centro de tudo, já atualmente o movimento é baseado no Heliocentrismo, com o Sol como o centro dos planetas e orbitando ao seu redor.

Fonte: o autor

Observamos que ela não citou o modelo de Tycho Brahe nessa questão, ainda que tenha lembrado dele na etapa inicial, juntamente à Galileu Galilei e Albert Einstein. Interpretamos que sua resposta se limitou a dar exemplos, sem considerar que os citados são os únicos modelos existentes.

Já a estudante A14, se limitou a classificar os modelos, sem apresentar suas principais características, citando também Kepler. Segue sua resposta:

A14 – Sim, modelo híbrido, modelo geocêntrico, modelo heliocêntrico e o modelo de Kepler.

Figura 79 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 2

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Sim, modelo híbrido, modelo geocêntrico, modelo heliocêntrico e modelo de Kepler.

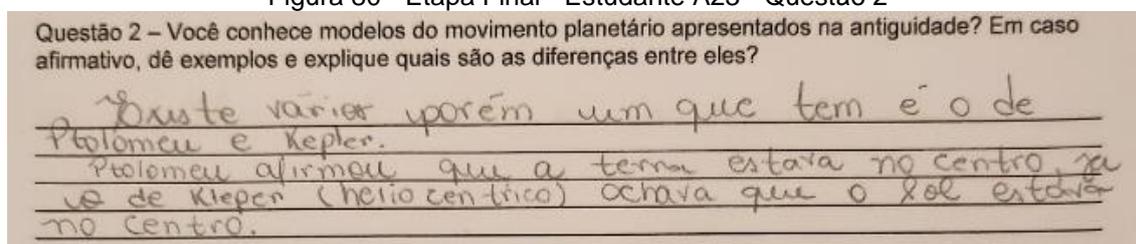
Fonte: o autor

Acrescentamos que, na etapa inicial, essa estudante indicou os astrônomos Tycho Brahe, Galileu Galilei e Albert Einstein.

A estudante A23, não participou da atividade inicial da sequência didática, pois estava ausente no dia de aplicação. No entanto, participou dos demais encontros, participando ativamente. Nessa questão ela respondeu:

A23 – Existem vários, porém um que tem é o de Ptolomeu e Kepler. Ptolomeu afirmou que a Terra estava no centro, já o Kepler (heliocêntrico) achava que o Sol estava no centro.

Figura 80 - Etapa Final - Estudante A23 - Questão 2



Fonte: o autor

A estudante 23, não citou outros modelos abordados na sequência didática, se limitando a apresentar como exemplos os modelos geocêntrico e heliocêntrico, associando-os à Ptolomeu e Kepler.

Finalizando as considerações acerca das respostas dos estudantes em relação à Questão 2, destacamos que observamos avanços em relação a conhecimentos em relação aos modelos planetários abordados na sequência didática, ainda que alguns estudantes não tenham sido mais precisos em suas respostas. Também observamos a lembrança do modelo híbrido proposto por Brahe, pois foi indicado por vários estudantes.

Acreditamos que poderíamos ter dado maior ênfase às comparações entre os modelos, por exemplo, problematizando o fato de que, tanto o modelo proposto por Copérnico, quanto o proposto por Kepler, serem heliocêntricos e mesmo assim são distintos, e diferem não só pelas órbitas circulares no primeiro e elípticas no segundo.

Agora faremos considerações a respeito da terceira questão.

5.5.3 Questão 3. Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

Ao responderem essa questão, muitos estudantes apresentaram justificativas extremamente resumidas, nessa questão esperávamos que eles argumentassem mais, considerando que um dos objetivos de nossa sequência didática, é justamente, propor aos estudantes situações, problematizações e debates, para favorecer a ressignificação de algumas concepções alternativas em relação ao desenvolvimento de conhecimentos científicos.

Como as respostas foram curtas, procedemos da seguinte forma, agrupamos as respostas que continham pelo menos duas palavras em comum com as categorias descritas no Quadro 14, indicando alguns protocolos como exemplo, e descrevemos as respostas de três estudantes, por fugirem desse padrão.

Quadro 14 - Repostas dos estudantes - Questão 3 – Encontro 7

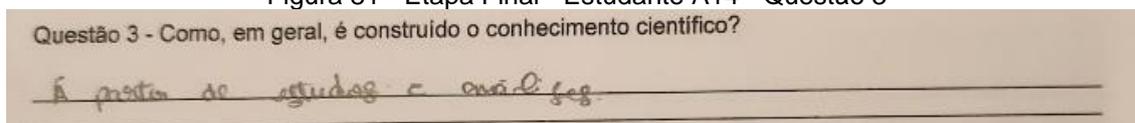
Aspectos relacionados à construção de conhecimentos científicos e estudantes	Quant. de Estudantes
Argumentos e demonstrações (A2)	1
Questionamentos, teoria, teste, estudos e comprovação (A3, A1)	2
Estudos e análises (A4, A5, A10, A14, A16, A19, A21, 23)	8
Observação, experimentação e teoria (A6, A7, A8, A9, A12, A13, A15, A18, A22)	9

Fonte: o autor

Observamos, por meio do Quadro 14, e a partir da leitura das respostas desses estudantes, que todos esses alunos citaram pelo menos dois aspectos que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento de conhecimentos científicos, apesar das respostas curtas e por vezes mal elaboradas.

Como exemplo, seguem alguns protocolos com as respostas de alguns estudantes:

Figura 81 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 3



Fonte: o autor

Figura 82 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 3

Questão 3 - Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

É construído por argumentos e demonstrações, os acontecimentos e tudo o que conhecemos hoje.

Fonte: o autor

Figura 83 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 3

Questão 3 - Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

3 ELEMENTOS: OBSERVAÇÃO EXPERIMENTAÇÃO
JUNTO COM AS LEIS

Fonte: o autor

É importante salientar que na etapa inicial, na questão que envolvia o desenvolvimento de conhecimentos científicos, havíamos observado que a grande maioria dos estudantes não conheciam ou não lembravam do desenvolvimento de algum conhecimento científico, apresentando concepções alternativas sobre o método científico, e não observando a produção de conhecimento científico como um construto social e coletivo.

De fato, a resposta dos 20 estudantes, agrupadas no Quadro 14, sugerem um pequeno avanço na reformulação de suas concepções alternativas sobre a construção de conhecimentos científicos, pois citam aspectos que estão relacionados a esse tipo de conhecimento, no entanto ainda de forma mal estruturada.

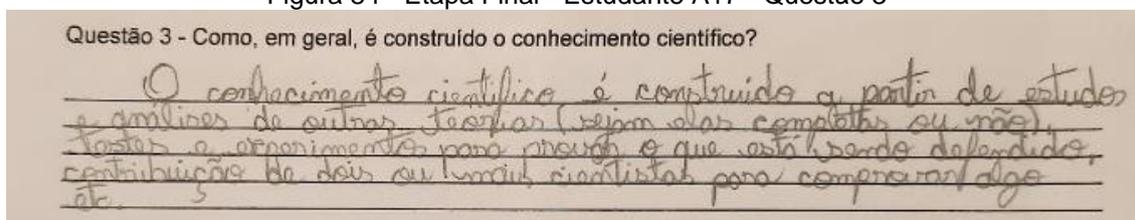
Destaca-se ainda, que a sequência didática mostrou-se insuficiente para que esses estudantes relacionassem o desenvolvimento de conhecimentos científicos ao trabalho coletivo e cooperativo de vários cientistas.

Talvez isso indique a falta de situações no ensino que favoreçam a argumentação, ou a necessidade de mais abordagens como a propostas por nós (quicá com a exploração de outros temas, ou em outras disciplinas), para de fato ocorrer a reformulação de concepções alternativas, que em geral são resistentes e são obstáculos na construção de conhecimentos científicos na escola, conforme afirma Delizoicov (2001).

Passamos agora às respostas dos outros três estudantes.

A17 – O conhecimento científico é construído a partir de estudos e análises de outras teorias (sejam elas completas ou não), testes e experimentos para provar o que está sendo defendido, contribuição de dois ou mais cientistas para comprovar algo e etc.

Figura 84 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 3



Fonte: o autor

Observamos que a resposta da aluna 17, apresenta vários aspectos que estão relacionados com a natureza das ciências e com o desenvolvimento de conhecimentos científicos, entre eles ressaltamos os aspectos sociais, coletivos e cooperativos que são citados por ela, além disso, identifica-se o papel das teorias e os debates em torno delas, o que também sugere que o conhecimento científico é provisório e confiável, assim como são citados os experimentos. Acrescentamos que na etapa inicial essa estudante já havia indicado aspectos relevantes do desenvolvimento de conhecimentos científicos, similares ao apresentado aqui.

Os estudantes A11 e A20 apresentaram suas respostas literalmente iguais, eles responderam:

A11 e A20 - Através de dados de outros cientistas e pesquisas para aumentar o conhecimento.

Apesar da resposta demasiadamente curta e incompleta apresentada por esses estudantes, identificamos aspectos relacionados à cooperação entre cientistas do desenvolvimento de conhecimentos científicos, sugerindo uma visão de ciência feita a partir da colaboração entre cientistas, contrapondo a concepção alternativa de um trabalho isolado e solitário realizado por uma única pessoa.

5.5.4 Questão 4 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Agora, passamos a abordar as repostas dos estudantes na quarta questão. Com ela buscamos verificar se os estudantes lembrariam dos nomes de cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da Astronomia. Na etapa inicial observamos que vários estudantes responderam não conhecer astrônomos, e outros indicaram cientistas que não atuaram na Astronomia. Queremos, com essa questão, verificar se esse cenário se modificou.

Procedemos de modo análogo ao adotado na Questão 1 da etapa inicial, sintetizando as respostas dos estudantes no Quadro 15.

Quadro 15 - Etapa Final - Cientistas indicados pelos estudantes na Questão 4

Cientistas citados e estudantes que os indicaram	Quant. de Estudantes
Johannes Kepler, Tycho Brahe, Cláudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Stephen Hawking (A1)	1
Tycho Brahe, Nicolau Copérnico, Cláudio Ptolomeu, Johannes Kepler (A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A15, A16, A18, A19 e A22)	13
Johannes Kepler (A11, A12, A20)	3
Johannes Kepler, Tycho Brahe, Cláudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Albert Einstein, Aristóteles (A14)	1
Johannes Kepler, Tycho Brahe, Cláudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei (A17)	1
Tycho Brahe, Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton, Cláudio Ptolomeu (A21 e A23)	2
Nicolau Copérnico e Cláudio Ptolomeu (A13)	1

Fonte: o autor

Organizamos o quadro 15 a partir da leitura das respostas dos alunos nos protocolos, mas fizemos correções na escrita dos nomes. Como exemplos, seguem alguns protocolos:

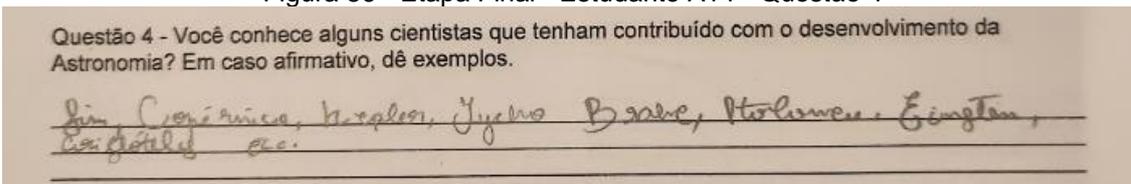
Figura 85 - Etapa Final - Estudante A4 - Questão 4

Questão 4 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Ptolomeu, Copérnico, Thyco e Kepler

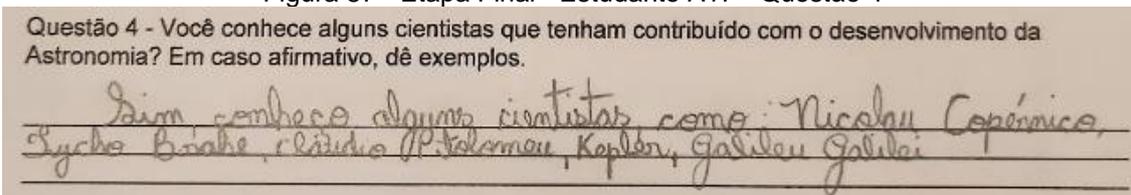
Fonte: o autor

Figura 86 - Etapa Final - Estudante A14 - Questão 4



Fonte: o autor

Figura 87 - Etapa Final - Estudante A17 - Questão 4



Fonte: o autor

Apenas o estudante A5 apresentou como resposta para essa questão, simplesmente, “**Sei lá**”, ou seja, indicou não conhecer. Esse mesmo estudante na etapa inicial, indicou Nikola Tesla e Albert Einstein. Não conseguimos justificar a resposta desse estudante.

De fato, de acordo com nossas expectativas, em relação às respostas apresentadas pelos estudantes na etapa inicial, a respeito de cientistas que contribuíram com o desenvolvimento da Astronomia, o cenário se alterou consideravelmente. Exceto por um estudante, todos os demais (22 estudantes) citaram astrônomos renomados, importantíssimos no desenvolvimento dessa ciência. Os nomes mais citados foram aqueles mencionados no desenvolvimento da sequência didática.

5.5.5 Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Vamos agora abordar a quinta questão da etapa final (Encontro 7). Essa questão é similar à aquela proposta na etapa inicial (Questão 4). Aqui, buscamos verificar se as concepções alternativas dos estudantes, em relação ao movimento dos planetas em nosso sistema se modificaram.

Na ocasião da etapa inicial da sequência didática, mais especificamente, no encontro 1, constatamos que a grande maioria dos

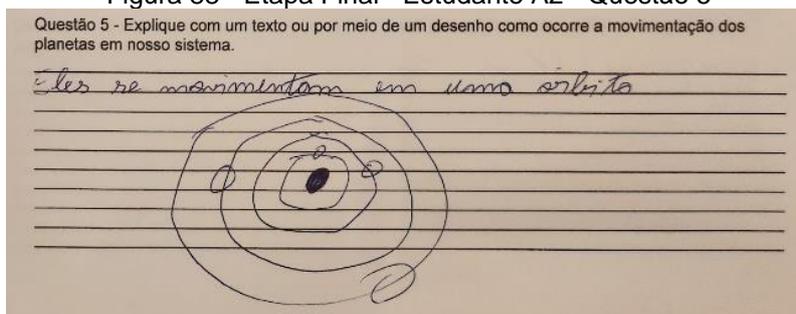
estudantes representaram um sistema heliocêntrico, entretanto muitos indicaram órbitas circulares, outros indicaram vários planetas em uma mesma órbita, e uma minoria apresentou representações nas quais não foi possível fazer uma classificação em modelos geocêntricos ou heliocêntricos.

Agora, faremos comparações das respostas dadas na etapa final com aquelas da etapa inicial, para verificar se houve algum tipo de reformulação ou avanço, em relação às concepções dos movimentos dos planetas em nosso sistema.

O estudante A1 fez uma representação análoga a apresentada no Encontro 1, a única diferença é que nessa etapa ele optou por uma resposta por meio de um pequeno texto, enquanto na primeira ele fez uma ilustração de um sistema heliocêntrico, com órbitas elípticas, com cada planeta em sua própria órbita. Ou seja, não houve nenhuma mudança na concepção, que na nossa opinião já é satisfatória.

O estudante A2, no Encontro 1, apresentou um desenho no qual não conseguimos identificar se as orbitas eram circulares ou elípticas, já na etapa final ele esboçou um modelo heliocêntrico com órbitas elípticas, indicando um avanço em relação à resposta apresentada na etapa inicial.

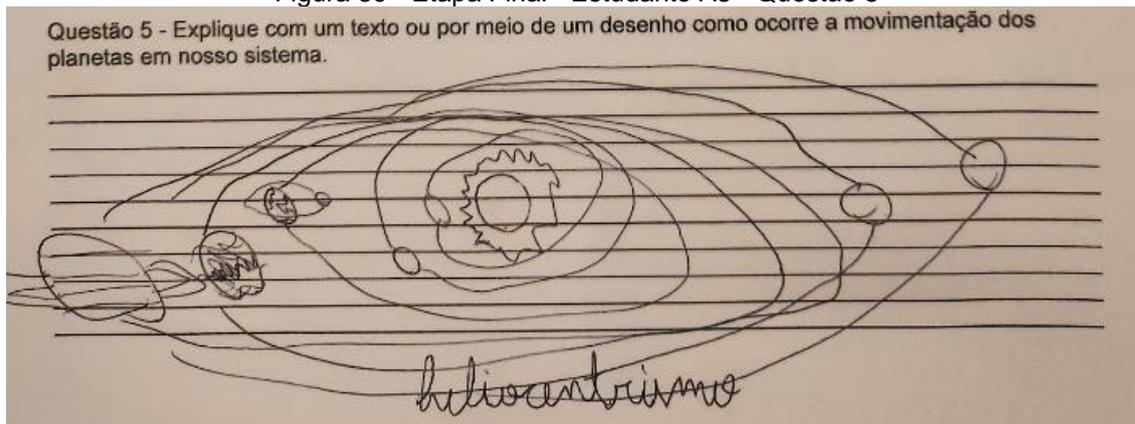
Figura 88 - Etapa Final - Estudante A2 - Questão 5



Fonte: o autor

Já o estudante A3, indicou na etapa inicial um desenho no qual não foi possível identificar ou classificar o modelo como geocêntrico ou heliocêntrico, além de não indicar as órbitas, já na presente questão observamos que houve uma reformulação de suas concepções alternativas, uma vez que ele apresentou explicitamente um desenho que representa um modelo heliocêntrico, com órbitas elípticas, uma para cada um dos planetas representados, conforma a Figura 89:

Figura 89 - Etapa Final - Estudante A3 - Questão 5



Fonte: o autor

O estudante A4, na etapa inicial, apresentou um desenho que sugeriu uma órbita em torno do Sol, levando a crer que se tratava de um modelo heliocêntrico, porém não indicou qualquer tipo de órbita. Já na presente questão não foi possível observar nenhum tipo de reformulação ou avanço, uma vez que ele respondeu por meio de um texto, o seguinte:

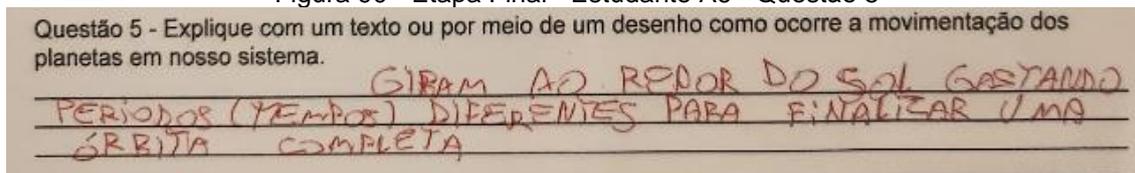
A4 – O Sol está no centro da Via Láctea e os planetas o orbitam.

O estudante A5 apresentou nessa questão um desenho muito similar a aquele apresentado na etapa inicial, a única diferença é que agora ele indicou o planeta que está no centro como sendo o Sol. Dessa forma julgamos que não houve avanço ou algum tipo de reformulação.

Em relação ao estudante A6, no Encontro 1, na Questão 4, ele apresentou um desenho no qual não era possível identificar as órbitas ou mesmo classificar o modelo como geocêntrico ou heliocêntrico. Já na presente questão acreditamos que houve uma reformulação de suas concepções alternativas, visto que por meio de um texto ele indicou o seguinte:

A6 – Giram ao redor do Sol, gastando períodos (tempos) diferentes para finalizar uma órbita completa.

Figura 90 - Etapa Final - Estudante A6 - Questão 5



Fonte: o autor

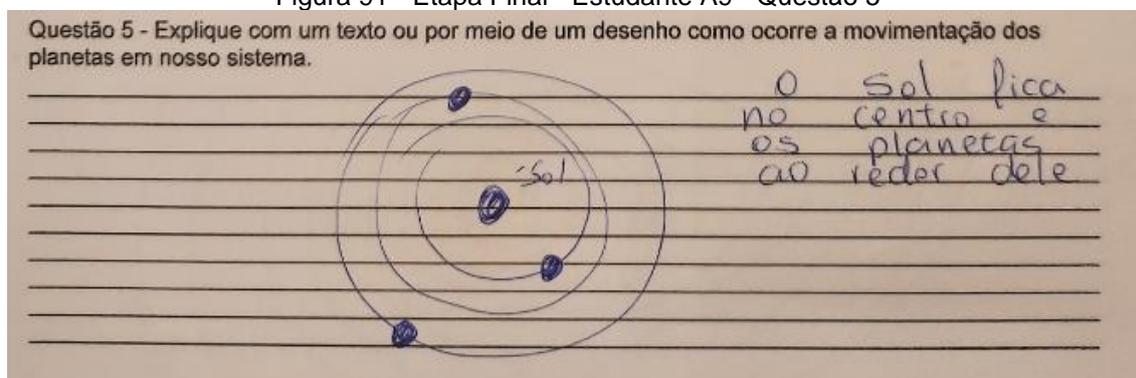
A estudante A7 apresentou um desenho semelhante ao indicado na etapa inicial, na qual está representado um modelo heliocêntrico com órbitas circulares, nesse caso não observamos nenhum tipo de reformulação de suas concepções.

A estudante A8 apresentou um desenho similar ao que fez na etapa inicial, indicando um modelo heliocêntrico com órbitas elípticas, no qual cada planeta está representado em sua determinada órbita.

Já a estudante A9 apresentou um avanço significativo em relação ao desenho apresentado na etapa inicial, naquela ocasião ela apresentou um modelo heliocêntrico, no entanto com órbitas circulares e todos os planetas representados em uma mesma órbita.

Agora, apesar de ter mantido as órbitas circulares, ela indicou cada planeta em uma órbita distinta, nesse caso, acreditamos que houve uma reformulação em algumas de suas concepções, como pode ser constatado na Figura 91:

Figura 91 - Etapa Final - Estudante A9 - Questão 5



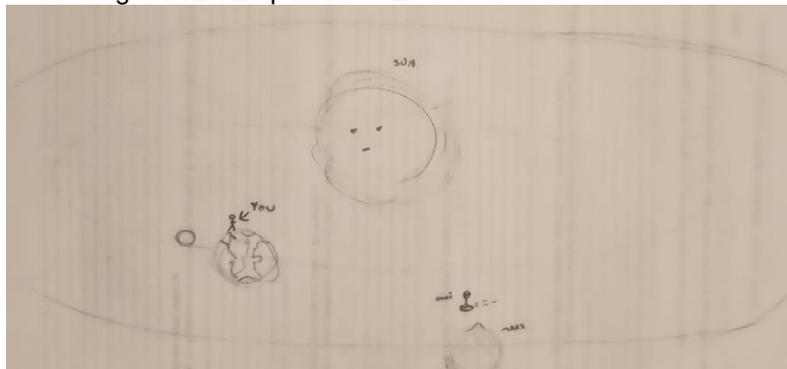
Fonte: o autor

A estudante A10 não respondeu a presente questão, entretanto na etapa inicial ela já havia apresentado um desenho representando um modelo heliocêntrico, com órbitas elípticas, no qual cada planeta está representado em uma ordem específica.

Interpretamos que o estudante A11 apresentou um avanço significativo em relação às suas concepções alternativas, relacionadas ao movimento dos planetas em nosso sistema, visto que na etapa inicial ele indicou um desenho com um modelo heliocêntrico, no entanto, com a Terra em uma órbita que

parecia ser helicoidal, se afastando do Sol, o mesmo para outros planetas. Já na presente questão, ele apresentou um desenho que representa um modelo heliocêntrico, no qual cada planeta representado tem a sua própria órbita elíptica, conforme pode ser observado na Figura 92.

Figura 92 - Etapa Final - Estudante A11 - Questão 5

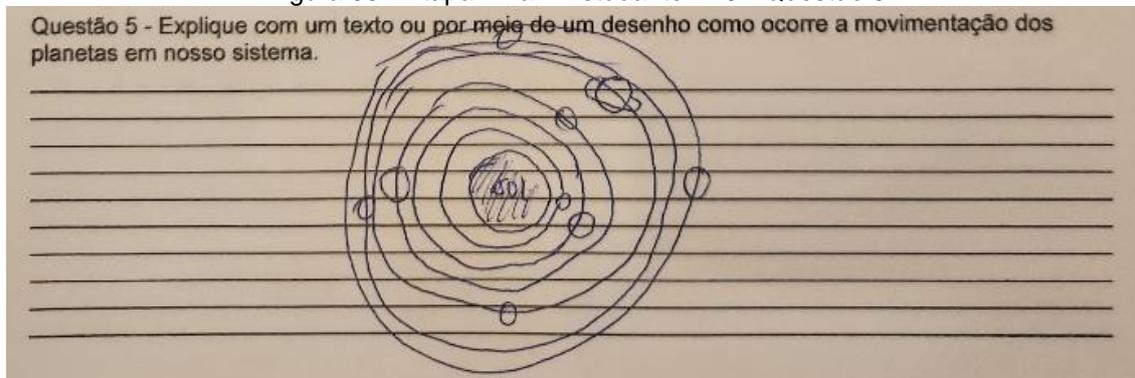


Fonte: o autor

O estudante A12 apresentou como resposta um texto muito parecido com aquele apresentado na etapa inicial, dessa forma não identificamos nenhum tipo de avanço.

A estudante A13, na etapa inicial, apresentou um desenho que representava um sistema heliocêntrico, sugerindo órbitas circulares, com vários planetas indicados em uma mesma órbita. Agora, indicou como resposta um desenho que representa um sistema heliocêntrico, ainda com órbitas circulares, no entanto cada um dos planetas tem a sua própria órbita, o que sugere um avanço, conforme Figura 93.

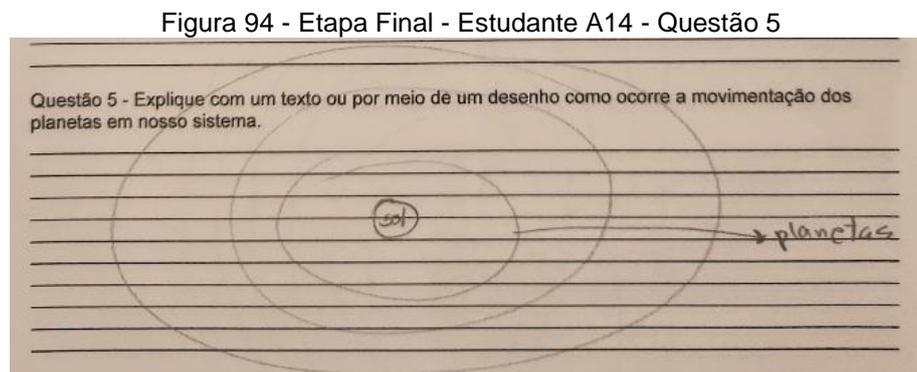
Figura 93 - Etapa Final - Estudante A13 - Questão 5



Fonte: o autor

A estudante A14, na etapa inicial, representou um modelo heliocêntrico,

entretanto, indicou uma órbita espiral para os planetas. Já na presente questão identificamos uma resignificação de suas concepções alternativas acerca das órbitas dos planetas no sistema solar, uma vez que apresentou uma resposta com um desenho que representa um modelo heliocêntrico, com diferentes órbitas elípticas, conforme Figura 94.



Fonte: o autor

A estudante A15 apresentou um desenho muito similar ao que indicou como resposta na etapa inicial, com as mesmas fragilidades, portanto, não identificamos nenhum avanço acerca de suas concepções em relação aos movimentos dos planetas no sistema solar.

As respostas das estudantes A16 e A17, também foram similares as apresentadas na etapa inicial, com a diferença no formato, pois ambas apresentaram suas respostas em forma de texto, portanto não identificamos nenhuma mudança em suas concepções.

No caso do estudante A18, identificamos uma mudança em suas concepções, uma vez que sua resposta na etapa inicial apresentou equívocos (lá ele falou em movimento no sentido horário), que não foram identificados na resposta da presente questão, apesar de não indicar órbitas elípticas diferentes para cada um dos planetas. Ele respondeu:

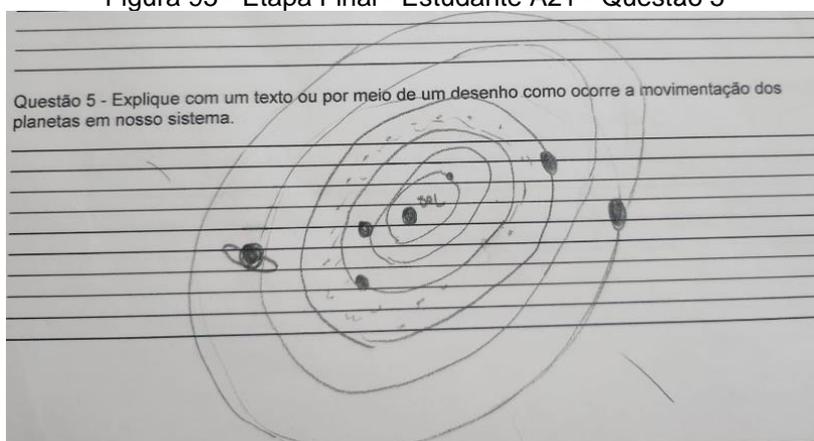
A18 – Nós usamos o heliocentrismo, no qual os planetas giram em torno Sol, e essa movimentação é chamada de translação.

O estudante A19 apresentou um desenho semelhante ao indicado na etapa inicial, representando um modelo heliocêntrico, com órbitas elípticas diferentes para cada planeta.

Também não observamos reformulações nas concepções alternativas do estudante A20, em relação aos movimentos planetários, visto que sua resposta na presente questão é equivalente a apresentada na etapa inicial, entretanto na agora respondeu com um desenho.

Já a estudante A21 apresentou reformulações em suas concepções alternativas acerca dos movimentos planetários, uma vez que na etapa inicial representou um modelo heliocêntrico, no entanto com órbitas circulares e indicou vários planetas em uma mesma órbita. Agora desenhou um modelo heliocêntrico, com órbitas elípticas e com órbitas distintas para cada um dos planetas representados, conforme Figura 95.

Figura 95 - Etapa Final - Estudante A21 - Questão 5



Fonte: o autor

Não observamos reformulações nas concepções alternativas da estudante A22, pois ela apresentou um desenho semelhante ao indicado na etapa inicial, representando um modelo heliocêntrico, com órbitas circulares diferentes para cada planeta.

Conforme já citamos em outro momento, a estudante A23 não participou do Encontro 1, entretanto, participou de todos os outros encontros. Ela respondeu a presente questão com um texto que indica um modelo heliocêntrico, com órbitas elípticas, e que segue o modelo cosmológico de Kepler, conforme pode ser observado na Figura a 96.

Figura 96 - Etapa Final - Estudante A23 - Questão 5

Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Se movem em orbitas elipticas ao redor do sol, por conta da força gravitacional exercida pelo sol.
Uma movimentação segue a de Kepler.

Fonte: o autor

Finalizando a última etapa da sequência didática, apresentamos uma síntese dos principais resultados observados. Em geral, os estudantes indicaram avanços em relação às noções exploradas na sequência didática, por exemplo, reconheceram contribuições relevantes de Brahe para a Astronomia, citando sua contribuição com o desenvolvimento ou aprimoramento de instrumentos astronômicos, contribuindo com dados mais precisos, além de reconhecerem seu modelo híbrido.

Em geral, também observaram aspectos importantes envolvendo os modelos cosmológicos geocêntricos ou heliocêntricos, além do modelo híbrido proposto por Brahe, apesar de não identificarem com mais precisão as órbitas dos planetas, por exemplo, diferenciando dois modelos heliocêntricos, como os modelos propostos por Copérnico e Kepler.

Um dos estudantes citou os quatro modelos explorados na sequência didática, além de indicar características dos mesmos, associando-os aos astrônomos que os propuseram.

Quando comparamos as respostas finais dos estudantes, com as respostas iniciais, observamos avanços consideráveis, com o reconhecimento de astrônomos e a indicação de elementos relevantes que estão relacionados à natureza das ciências e a construção de conhecimento científico.

Na sequência apresentaremos nossas considerações finais e indicaremos algumas sugestões para pesquisas posteriores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, tivemos a oportunidade de fazer reflexões acerca do processo de ensino e aprendizagem de algumas noções de Astronomia. Utilizamos um contexto histórico para abordar essas noções, mais especificamente, utilizamos algumas contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento dessa ciência.

A revisão bibliográfica nos permitiu ter uma visão mais ampla sobre as pesquisas que abordam o ensino de Astronomia ou Física por meio do contexto histórico, nos permitiu fazer reflexões acerca dos cuidados que devemos ter ao utilizar o contexto histórico no ensino de ciências, e principalmente observar que o mau uso da história, como anedotas ou mitos infundados, podem levar a muitos prejuízos no processo de ensino e aprendizagem, levando a erros conceituais ou concepções alternativas, que podem se tornar obstáculos difíceis de serem superados, conforme destaca Martins (1990, 2006a e 2006b).

Também é importante considerar as recomendações de Nobre (2004), quando nos alerta acerca das peculiaridades e dos cuidados que devem ser tomados ao se pesquisar história da ciência.

Outro ponto fundamental, em nossos estudos, são as contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia. Ressaltamos suas contribuições como exímio observador, suas contribuições no aprimoramento ou desenvolvimento de instrumentos astronômicos, que foram fundamentais para observações que geraram dados e tabelas astronômicas com alto grau de precisão, mesmo antes da invenção do telescópio, e também sua contribuição no método científico para o desenvolvimento de modelos cosmológicos, como destacado por Tossato (2004).

Infelizmente, o que vemos em livros didáticos e outros meios de divulgação são apenas pequenas citações indicando seu papel no desenvolvimento de instrumentos astronômicos ou no fornecimento de dados para Kepler, o que não retrata a sua real importância para o desenvolvimento da Astronomia.

Também tivemos a oportunidade de estudar, e utilizar, um referencial

teórico que certamente nos ajudou no desenvolvimento da pesquisa, mas principalmente nos ajudou (e continua ajudando) na prática profissional, no dia a dia, em sala de aula.

É assim, que vemos os três momentos pedagógicos e a noção de problematização de Delizoicov (2001). Tal referencial nos fornece instrumentos para a prática como pesquisadora e também como professora, uma vez que subsidia nossas ações.

O primeiro momento pedagógico, fornece ao professor orientações para o reconhecimento, e posterior utilização, das concepções alternativas dos estudantes a respeito de um tema. Fornece ao estudante a oportunidade de expor suas concepções acerca de um assunto. Com isso, o professor pode propor formas de confrontar as mesmas, ou problematizar o assunto que será estudado, com situações que podem favorecer ao estudante a reformulação de suas concepções alternativas e a construção de novos conhecimentos, caracterizando assim o segundo momento pedagógico, aqueles momentos de problematização e sistematização dos novos conhecimentos.

E, por fim, o terceiro momento pedagógico, envolvendo a aplicação dos novos conhecimentos, permite ao professor uma forma de avaliar e acompanhar o desenvolvimento dos estudantes, mas também possibilita ao estudante uma forma de se auto avaliar.

Com o uso desse referencial, assim como o aparato bibliográfico acerca do uso da história no ensino de ciências, elaboramos a sequência didática.

Com a aplicação da mesma, tivemos a oportunidade de acompanhar a evolução de uma turma de estudantes do ensino médio (23 estudantes). Observamos que a sequência didática auxiliou a maioria dos estudantes na reformulação de suas concepções alternativas acerca de modelos cosmológicos históricos, movimentos planetários, e aspectos relacionados à natureza da ciência, como o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, e o perfil de alguns cientistas, entre outros.

Observamos também que algumas concepções alternativas persistiram, o que nos leva as afirmações de Martins (2006a), considerando que erros conceituais se tornam fortes obstáculos para os estudantes na construção de

conhecimentos científicos, mas como defende Delizoicov (2001), precisam ser confrontados.

Isso também nos leva a conjecturar que, apenas a aplicação de uma sequência didática, pode não ser suficiente para reformular determinadas concepções alternativas, mas sim a incorporação dessas práticas no cotidiano escolar, além de práticas que explorem a reflexão crítica e a argumentação em diferentes disciplinas. Nesse sentido, novamente retornamos aos três momentos pedagógicos e a noção de problematização de Delizoicov (2001), que fornece um referencial teórico não só para pesquisas, mas também para o dia a dia em sala de aula, juntamente com o potencial e a interdisciplinaridade que o uso da história das ciências nos fornece.

Isso é apenas uma conjectura, ou uma perspectiva, que certamente necessita do desenvolvimento de mais pesquisas para conclusões fundamentadas. Não temos a pretensão de generalizar nossos resultados de pesquisa, visto que se trata de uma pesquisa qualitativa, com apenas uma turma de alunos, em uma situação bastante particular. Entretanto, nossos resultados fornecem pistas, nos dão possíveis indicações, caminhos e sugestões para novos estudos.

Por exemplo, um limitador dos nossos estudos foi a impossibilidade de fazer gravações dos encontros, ou mesmo realizar entrevistas com os estudantes, pois vários deles não autorizaram, e afirmaram que não participariam da pesquisa caso esses dois instrumentos de coleta de dados fossem utilizados. Certamente tais instrumentos nos forneceriam mais informações para análise e posteriores conclusões.

Encerramos nossas considerações finais indicando as possibilidades de uso dos instrumentos citados no parágrafo anterior, em novos estudos, ou ainda, abordagens similares com foco em outros conhecimentos, por exemplo, utilizar os dois artigos de Medeiros (2002) e (2003), para estudar as três leis de Kepler e seu modelo cosmológico, explorando o contexto histórico.

Finalizamos, indicando que o Produto Final de nossa pesquisa é a sequência didática, com base na aplicação e fundamentada no referencial teórico de Delizoicov (2001), a saber, os três momentos pedagógicos e as

problematizações. Assim, acreditamos que atingimos nosso principal objetivo com desenvolvimento e aplicação da sequência didática, explorando o contexto histórico no ensino de Astronomia, por meio de algumas contribuições de Tycho Brahe, contemplando habilidades específicas da BNCC envolvendo aspectos da evolução científica. Além dos cuidados que devemos tomar ao se utilizar o contexto histórico no ensino de Astronomia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P. OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. A. **Mitos da Didática das Ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da Ciência no Ensino das Ciências.** *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ALMEIDA, A. de S.; MENEZES, M. C. F. de. **A História da Astronomia nos Livros de Ciências Naturais dos Anos Finais do Ensino Fundamental do PNL D 2017-2019.** *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. Florianópolis, v.13, n.2, p. 75- 98, 2020.

ALVAIDE, N.; PUGLIESE, A.; ALVIM, M. H. **Johannes Kepler no Clube da Lua: a descoberta da história de um dos fundadores da Astronomia moderna por crianças.** *Revista Cocar*. v.14 n.28, p. 759-780, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

CASTRO, E. S. B. L.; PAVANI, D. B.; ALVES, V. M. **A Produção em Ensino de Astronomia nos Últimos Quinze Anos.** *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009*. Vitória, ES. 2009.

D'AMBROSIO, U. **A Transdisciplinaridade como uma resposta à Sustentabilidade.** *NUPEAT–IESA–UFG*, v.1, n.1, p.1–13, 2011.

DELIZOICOV, D. **Problemas e Problematizações, in Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora.** Maurício Pietrocola (org.). Editora da UFSC, Florianópolis, 2001.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade, história, teoria e pesquisa.** Campinas, SP: Papyrus, 1994.

FILHO, J. B. L.; SILVA, M. L.; MADUREIRA, H. P.; IBIAPINA, R. M. **Construção de uma maquete de sistema planetário como atividade auxiliar ao ensino de astronomia nos cursos de física.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 39, nº 3, 2017.

FIORENTINI, D; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos.** 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

FREITAS, L. V.; SANTUCCI, R. M.; MARQUES, I. A. **Reinventando o método de Aristarco.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 43, 2021.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GOULART, S. **História da Ciência: Elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências.** In: LIBÂNEO, José Carlos; SANTOS, Akiko. *Educação na Era do Conhecimento em Rede e Transdisciplinaridade*. Campinas: Alínea, 2005.

GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. **A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico- filosófica.** *Caderno Catarinense de Ensino de*

Física, v.15, n.1: p.32-46, abr. 1998.

GINGERICH, O. **Tycho Brahe and the Nova of 1572**. Supernovae as Cosmological Lighthouses Asp. Conference Series, Vol. 342, 2005. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street Cambridge, USA, 2005.

HENRIQUE, A. B.; ANDRADE, V. F. P. de; L´ASTORINA, B. **Discussões sobre a natureza da ciência em um curso sobre a História da Astronomia**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n.9, p. 17-31, 2010.

HORVATH, J. E. **Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4501. 2013.

JÚNIOR, M. J.; TREVISAN, R. H. **Um perfil da Pesquisa em Ensino de Astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de Ensino de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 547-574, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia no Brasil: alguns recortes**. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES. 2009.

_____. **Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências**. Bauru–SP. Caderno Brasileiro de Física v.24, n.1, p.87-111, 2007.

_____. **Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências v.14, n.3, 2014.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.

MARTINS, R. A. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência 9): 3-5, 1990

_____. **Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico**. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

_____. **A maçã de Newton: história, lendas e tolices**. in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006a.

_____. **A história das ciências e seus usos na educação**. in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006b.

MEDEIROS, A. **Entrevista com Tycho Brahe**. Revista: Física na Escola, v. 2, n. 2, 2001.

_____. **Entrevista com Kepler: Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis**. Revista: Física na Escola, v. 3, n. 2, 2002.

_____. **Continuação da Entrevista com Kepler: A Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário**. Revista: Física na Escola, v. 4, n. 1, 2003.

- MOREIRA, A. F.; PROENÇA, P. P. **Abordagem Temática no Ensino de Astronomia: Contribuições da História da Ciência**. Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- NASCIMENTO, L. A. do; CARVALHO, H. R. De; SILVA, B. V. C. **A Astronomia, a Historiografia da Ciência e dos Livros Didáticos: uma história mal contada?** Revista de Ensino de Ciências e Matemática v.7 n.5, p. 40-52, 2016.
- NOBRE, S. **Leitura Crítica da História: Reflexões sobre a História da Matemática**. Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 531-543, 2004.
- OLIVEIRA, K.; SARAIVA, M. F. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- PRAXEDES, G.; PEDUZZI, L. O.Q. **Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, 3601, 2009.
- RIBEIRO, J. L. P. **Cosmográficos: representando o espaço ao longo do tempo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 4, 2016.
- RIBEIRO, J. L. P. **O Sonho de Johannes Kepler: uma tradução do primeiro texto de hard sci-fi**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 1, 2018.
- SÃO PAULO. Secretária da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. São Paulo: SEESP, 2011.
- SÃO PAULO. **Diretrizes do Programa Ensino Integral**. São Paulo: SEESP, [s.d].
- TRINDADE, D. **A História da História da Ciência**. São Paulo: Madras, 2003.
- TOSSATO, C. R. **Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler**. Scientiae Studia, v. 2, n. 4, p. 537–65, 2004.
- TOSSATO, C. R. **A importância dos instrumentos astronômicos de Tycho Brahe para a astronomia e a cosmologia dos séculos XVI e XVII**. Unifesp. Disponível em: <http://www.uesc.br/eventos/ivseminariohfc/resumos/aimportanciadosinstrumentos.pdf>. Acessado em 05/11/2020.
- TOSSATO, C. R. **“Tycho Brahe e a precisão das observações astronômicas”**, Intelligere, Revista de História Intelectual, nº13, pp. 92-112. 2022. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/revistaintelligere/article/view/198314>. Acesso em 30/11/2023.
- VIEIRA, M. B. F. **Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: análise de uma proposta**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2018.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE 1 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA

Contribuições de Tycho Brahe na evolução histórica e filosófica de métodos astronômicos: uma proposta didática para a educação básica

ELABORAÇÃO

BIANCA CANTANA MOTTA

ORIENTAÇÃO

CLAUDEMIR ROQUE TOSSATO

São Paulo

2024

Sumário

SEQUÊNCIA DIDÁTICA	3
Referencial Teórico	3
Quadro 01 – Planejamento da Sequência Didática	8
Quadro 02 – Objetivos específicos de cada encontro.....	9
Organização da Sequência Didática por Encontro (aula a aula).....	9
Quadro 3 – Encontro 1	10
Quadro 4 – Encontro 2.....	10
Quadro 5 – Encontro 3.....	11
Quadro 6 – Encontro 4.....	12
Quadro 7 – Encontro 5.....	13
Quadro 8 – Encontro 6.....	14
Quadro 9 – Encontro 7	15
Questões Iniciais - Vamos falar de ciência, cientistas e Astronomia!.....	16
Vamos continuar falando de ciências, cientistas e Astronomia!	17
Slides utilizados pela professora/pesquisadora	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
ANEXO 1.....	25

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Referencial Teórico

Na elaboração da Sequência Didática aqui proposta nos inspiramos nas sugestões indicadas por Praxedes e Peduzzi (2009), ainda que as mesmas se referiam a cursos de formação inicial ou continuada de professores de física. Realizamos adaptações e modificações para elaborar uma sequência destinada aos alunos do Ensino Médio.

Como referencial teórico utilizamos os três momentos pedagógicos e a dimensão de problematização propostas por Delizoicov (2001). Conforme destaca esse autor, os conhecimentos do senso comum, chamados de concepções alternativas, podem servir de obstáculos na construção do conhecimento científico.

Acreditamos, assim como ele, que confrontar esses obstáculos por meio dessas concepções perante outros conhecimentos, nos casos históricos ou científicos, pode auxiliar o estudante a superar e reformular suas concepções alternativas.

Dessa forma, defendemos assim como Delizoicov (2001), que os estudantes podem construir novos conhecimentos superando os obstáculos impostos por possíveis concepções alternativas.

Realmente, se considerarmos que algumas concepções alternativas relativas à história da ciência, ou mesmo à natureza da ciência, podem ser relacionadas as abordagens sugeridas em livros didáticos amplamente utilizados na Educação Básica, especialmente no Ensino Médio, então podemos inferir que em determinadas situações, algumas concepções alternativas podem ser consideradas obstáculos frequentes na vida escolar.

É nessa perspectiva que tomamos como referencial teórico, para o desenvolvimento da sequência didática aqui proposta, a noção de problematização proposta por Delizoicov (2001), buscando explorar e problematizar possíveis concepções alternativas para alavancar a construção de novos conhecimentos.

Inicialmente queremos destacar que apesar da importância normalmente dada às listas de exercícios e resolução de problemas que, em geral, são aplicações das teorias apresentadas pelos professores, aqui optamos por uma metodologia de ensino, na qual os estudantes são convidados a refletir, dar opiniões, expor suas interpretações e discutir suas ideias com base em questões ou proposições baseadas em leituras e discussões.

Em outras palavras, utilizaremos na sequência didática proposta, problematizações na dimensão e sentido indicados por Delizoicov (2001), em especial quando ressalta que:

[...] problematizar é também: 2 - um processo pelo qual o professor ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes, ou seja, questiona-os também. Se de um lado o professor procura as possíveis inconsistências internas aos conhecimentos emanados das distintas falas dos alunos para problematizá-las, tem, por outro, como referência implícita o problema que será formulado e explicitado para os alunos no momento oportuno bem como o conhecimento que deverá desenvolver como busca de respostas. A intenção é ir tornando significativo, para o aluno, o problema que oportunamente será formulado (Delizoicov, 2001, p. 06).

Com base nas considerações tecidas por nós na introdução do presente trabalho, acreditamos que as problematizações, no sentido destacado acima, são as estratégias de ensino adequadas para se explorar a história das ciências no ensino, em especial, aspectos relacionados ao desenvolvimento histórico da Astronomia e as contribuições de Tycho Brahe, servindo como um exemplo para essa nossa concepção.

Salientamos que estamos alinhados com as ideias de Delizoicov (2001) quando afirma que:

Podemos inferir, portanto, que uma das possibilidades de se considerar esta perspectiva de problematização está articulada ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de física, uma vez que se propiciaria a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes que culminaram com a produção dos modelos e teorias, o que teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido (Delizoicov, 2001, p. 07)

A organização da sequência didática aqui proposta leva em consideração,

além da leitura do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe” de Medeiros (2001), os conhecimentos prévios dos estudantes em relação às noções de Astronomia citadas no artigo de Medeiros (2001), e a interpretação pontual que eles farão na primeira leitura, de modo que as problematizações que serão propostas aula a aula, devem abordar e confrontar as concepções alternativas dos estudantes, suas interpretações do texto, e as informações históricas envolvidas, como o próprio modelo para os movimentos planetários proposto por Tycho Brahe.

Assim sendo, o planejamento da Sequência Didática está organizado de modo a contemplar as ideias defendidas por Delizoicov (2001), em especial, quando afirma que:

Podemos planejar as atividades de sala de aula de tal modo que as explicações dos alunos, o seu conhecimento prévio, sobre as situações envolvidas nos temas escolhidos possam ser obtidas e problematizadas pelo professor, direcionando o processo de problematização para a formulação do(s) problema(s) que geraria(m) a necessidade de se trabalhar um novo conhecimento para o aluno (Delizoicov, 2001, p. 07)

É nessa perspectiva que abordaremos questões relacionadas às principais contribuições de Tycho Brahe para o desenvolvimento da Astronomia, além de questões e problemas envolvendo aspectos relacionados à natureza das ciências e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos.

A organização da Sequência Didática está de acordo com os “momentos pedagógicos” defendidos por Delizoicov (2001, p.12). Segundo ele, os momentos pedagógicos se caracterizam em três momentos, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

O primeiro momento, denominado “problematização inicial”, ocorre quando o professor propõe aos alunos uma situação, ou questões iniciais, nas quais eles poderão atuar com seus conhecimentos prévios, ou mesmo suas concepções alternativas, trata-se de uma situação envolvendo fenômenos que sejam familiares ao estudante, como ressalta Delizoicov (2001). É importante ressaltar que:

Neste primeiro momento, caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos frente às questões em pauta, a função coordenadora do professor se volta mais para questionar

posicionamentos, inclusive fomentando a discussão das distintas respostas dos alunos, e lançar dúvidas sobre o assunto, do que para responder ou fornecer explicações (Delizoicov, 2001, p.13)

Na Sequência Didática que propomos a problematização inicial ocorrerá nas aulas 1 e 2, com algumas questões iniciais envolvendo noções que não são totalmente desconhecidas dos estudantes, por exemplo, o movimento da terra em torno do Sol, e questões relacionadas a cientistas, ou como se faz ciência.

Na aula 2, com a leitura do artigo em pequenos grupos e a indicação de noções físicas ou astronômicas desconhecidas ou mal compreendidas, esperamos identificar e problematizar algumas concepções alternativas dos alunos. Ou seja: “Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado, quando este é cotejado com o conhecimento de física que já foi selecionado para ser abordado” (Delizoicov, 2001, p.13).

O segundo momento pedagógico denominado “organização do conhecimento” é contemplado na sequência didática, nas aulas 3, 4, 5 e 6, nas quais o professor, de forma expositiva, dialogada e discutida com os alunos, apresentará o conhecimento de uma forma mais sistematizada, retomando trechos do artigo “Entrevista com Tycho Brahe” para abordar as noções astronômicas envolvidas, como os modelos históricos para a movimentação dos planetas, entre outras, e confrontando as concepções alternativas identificadas.

Conforme exposto por Delizoicov (2001), nesta etapa “Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento sob a orientação do professor” (Delizoicov, 2001, p.13).

O terceiro momento pedagógico denominado “aplicação do conhecimento” proposto por Delizoicov (2001) é contemplado em nossa sequência didática na aula 7, na qual os alunos serão confrontados com algumas questões relacionadas implícita ou explicitamente com os temas selecionados e abordados na sequência, tais questões envolverão aspectos a respeito da natureza da ciência, da construção histórica do conhecimento científico, dos modelos para os movimentos planetários apresentados historicamente e as principais contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia.

De acordo com Delizoicov (2001), o terceiro momento pedagógico, ou seja, a aplicação do conhecimento,

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov, 2001, p.13).

Com a sequência didática consideramos contribuir para o desenvolvimento de importantes habilidades indicadas nas propostas curriculares, e na retomada ou aprofundamento conceitual de tópicos relacionados a Astronomia, com particular interesse por modelos históricos envolvendo os movimentos dos planetas e as contribuições de Tycho Brahe.

Buscamos assim propiciar aos estudantes a oportunidade de refletir sobre a humanidade e a construção do conhecimento científico, retomando estudos sobre as diferentes interpretações ou modelos dos movimentos planetários envolvidos na evolução histórica da Astronomia, com todas as suas controvérsias.

Considerando que a sequência didática é direcionada para estudantes do Ensino Médio, destacamos uma competência específica e habilidades, respectivamente, de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que poderão ser exploradas, de acordo a Base Nacional Comum Curricular:

Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis (Brasil, 2018, p. 542)

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo (Brasil, 2018, p.543).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p.545).

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (Brasil, 2018, p.545).

Agora apresentamos o planejamento da sequência didática, assim como os objetivos específicos de cada uma das aulas, além da descrição da sequência aula a aula.

Quadro 01 – Planejamento da Sequência Didática

Contribuições de Tycho Brahe à Astronomia			
Tempo previsto por encontro	Descrição	Tarefas	Avaliação
01 90 minutos	Apresentação da Situação Didática e Levantamento de Concepções Alternativas.	Responder as questões iniciais. Indicação dos movimentos planetários por meio textos ou desenhos.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a resolução das tarefas.
02 90 minutos	Leitura em grupo do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe”.	A partir da leitura indicar palavras desconhecidas, assim como noções físicas ou astronômicas.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a indicação de palavras ou noções físicas ou astronômicas desconhecidas.
03 90 minutos	Aula expositiva e dialogada envolvendo a biografia de Tycho Brahe.	Análise de trechos do artigo envolvendo a biografia de Tycho Brahe.	Participação nas aulas e nos diálogos.
04 90 minutos	Aula expositiva e dialogada com debates envolvendo a natureza das ciências.	Análise de trechos do artigo envolvendo a natureza das ciências.	Participação nas aulas e no debate.
05 90 minutos	Aula expositiva e dialogada com debates e apresentação dos modelos cosmológicos indicados no artigo.	Análise de trechos do artigo envolvendo os modelos cosmológicos e algumas implicações físicas.	Participação nas aulas, diálogos e debate.
06 90 minutos	Aula expositiva e dialogada envolvendo a natureza das ciências e as contribuições de Tycho Brahe à Astronomia.	Análise de trechos do artigo envolvendo as contribuições de Tycho Brahe à Astronomia e às leis de Kepler.	Participação nas aulas e nos diálogos.
07 90 minutos	Aplicação de questões envolvendo a natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.	Responder as questões propostas sobre as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.	Participação nas aulas e entrega dos protocolos com a resolução das tarefas.

Fonte: o autor

Quadro 02 – Objetivos específicos de cada encontro

Contribuições de Tycho Brahe à Astronomia	
01 90 minutos	Apresentação da Situação Didática e levantamento de concepções alternativas em relação a aspectos envolvendo a natureza das ciências e produção de conhecimento científico, além de modelos históricos dos movimentos planetários.
02 90 minutos	Introdução ao estudo de alguns aspectos históricos relacionados à Astronomia, em especial as contribuições de Tycho Brahe e o estudo de alguns modelos dos movimentos planetários ao longo da história, além da natureza do desenvolvimento de conhecimentos científicos.
03 90 minutos	Apresentar a biografia de Tycho Brahe, assim como alguns traços sociais, culturais e políticos de cientistas e suas participações no desenvolvimento da ciência, em especial da Astronomia.
04 90 minutos	Abordar e discutir aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico.
05 90 minutos	Apresentar os principais modelos dos movimentos planetários ao longo da história, assim como os respectivos argumentos físicos utilizados em suas defesas.
06 90 minutos	Apresentar e discutir alguns aspectos relacionados a natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe à Astronomia.
07 90 minutos	Verificar se houve mudanças nas concepções alternativas dos estudantes em relação a aspectos envolvendo a natureza das ciências e a produção de conhecimento científico, além de observar se ocorreu o desenvolvimento de conhecimentos relacionados a alguns modelos históricos para os movimentos planetários e as principais contribuições de Tycho Brahe.

Fonte: o autor

Organização da Sequência Didática por Encontro (aula a aula)

Aqui apresentamos a sequência didática por encontro, o que permite uma organização aula a aula, visto que cada encontro equivale a duas aulas de 45 minutos. Destacamos cada uma das atividades que foram realizadas junto aos alunos, explicitando os aspectos que explorados e algumas das questões ou problematizações que propostas. Também indicamos as páginas que contém os trechos do artigo explorados com mais aprofundamento.

Antes do início da atividade é fundamental explicar aos estudantes que apesar de se tratar de um artigo fictício sobre uma entrevista com Tycho Brahe,

os fatos históricos narrados são fundamentados em referências bibliográficas confiáveis.

Quadro 3 – Encontro 1

Responda as seguintes questões.

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 2 – Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar.

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Fonte: o autor

No encontro 1 da Sequência Didática é esperado que os alunos explicitem algumas concepções ou conhecimentos prévios a respeito de noções relacionadas à natureza das ciências e se conhecem alguns cientistas que normalmente são citados em livros didáticos ou aqueles que têm seus nomes em leis ou teorias científicas, além de concepções acerca dos movimentos dos planetas no sistema solar. Essa etapa, assim como o encontro 2, caracterizam-se como o primeiro momento pedagógico, intitulado “problematização inicial”.

Quadro 4 – Encontro 2

Encontro 2 – Leitura do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”¹

Leia o artigo “Entrevista com Tycho Brahe”, durante a leitura faça anotações indicando as palavras desconhecidas, assim como as noções físicas ou astronômicas que você não conhece ou não tem certeza do que se trata. Posteriormente discutiremos todas as anotações.

Fonte: o autor

¹ O artigo “Entrevista com Tycho Brahe” encontra-se no Anexo 1, e também pode ser acessado por meio do seguinte endereço eletrônico: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol02-Num2/a061.pdf>

No encontro 2, com a leitura do artigo, é esperado que os alunos explicitem mais algumas concepções alternativas ou conhecimentos prévios, mas agora relacionados a conhecimentos mais específicos envolvendo noções de Física, Astronomia, entre outras, além de palavras desconhecidas. As indicações dos estudantes serão abordadas nos encontros posteriores.

Quadro 5 – Encontro 3

Encontro 3 – Alguns aspectos envolvendo a biografia de Tycho Brahe.

Aula expositiva e dialogada envolvendo a apresentação da biografia de Tycho Brahe, assim como seus traços sociais, culturais e políticos. Serão explorados em especial os diálogos que se encontram nas páginas 21, 22, 23 e 24 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”. Apesar da ênfase nessas páginas, a biografia de Brahe será abordada em toda Sequência Didática, juntamente com suas contribuições para as ciências e em especial para a Astronomia.

Fonte: o autor

Com o encontro 3 inicia-se o estudo mais aprofundado e sistemático de alguns trechos do artigo, por meio de leitura coletiva com problematizações, aqui caracteriza-se o momento pedagógico denominado “organização do conhecimento”. A aula será expositiva, dialogada, com debates e discussões, serão abordadas as anotações dos alunos envolvendo palavras e as noções físicas ou astronômicas desconhecidas ou mal compreendidas. Serão explorados os diálogos das páginas 21, 22, 23 e 24 do artigo com ênfase em aspectos relacionados a biografia de Tycho Brahe, seus interesses de estudos e alguns costumes. A ideia aqui é humanizar a “figura” dos cientistas.

Quadro 6 – Encontro 4

Encontro 4 – Os interesses de Tycho Brahe.

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações para abordar aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico. Em especial, será explorado a característica da ciência como uma busca por explicações de fenômenos naturais e que o conhecimento científico é provisório e confiável. Serão exploradas partes do artigo que abarcam explicitamente os interesses de Tycho Brahe por Astrologia e Astronomia, além das motivações desse estudo. Aqui serão explorados os trechos do diálogo que se encontram nas páginas 22 e 23 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”.

Fonte: o autor

Com a problematização de diversos trechos dos diálogos nas páginas 22 e 23 do artigo buscar-se-á questionar e confrontar possíveis concepções alternativas indicadas pelos estudantes.

Vamos salientar que a imprecisão de dados observacionais anteriores só foi identificada séculos depois, e ressaltar que em dados momentos esses dados serviram para a elaboração de determinados modelos no passado, entretanto não contemplavam outros fenômenos, apontando a necessidade de dados mais precisos, com o aperfeiçoamento ou invenção de instrumentos de observação, evidenciando a evolução científica.

Outro aspecto importante é destacar a importância da Astrologia na história da Astronomia, explorar ainda o status da Astronomia e da Astrologia no mundo contemporâneo. Salientar que, em geral, a comunidade científica de uma determinada época estabelece vários critérios para delimitar o que é ciência e tudo aquilo que não é, entretanto tais critérios podem mudar ao longo do tempo.

Quadro 7 – Encontro 5

Encontro 5 – Aspectos relacionados a ciência em construção

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações, serão explorados mais alguns aspectos da vida e personalidade de Tycho Brahe, além de algumas características de seu trabalho que evidenciam a ciência em construção, a necessidade de cooperação e investimento na ciência, para abordar aspectos envolvendo a natureza das ciências e o desenvolvimento do conhecimento científico. Apresentar os principais modelos dos movimentos planetários ao longo da história, assim como os respectivos argumentos físicos utilizados em suas defesas. Aqui serão explorados trechos dos diálogos que se encontram nas páginas 23, 24, 25 e 26 do artigo “Entrevista com Tycho Brahe”.

Fonte: o autor

No encontro 5 vamos propor questionamentos e problematizações que possibilitem ao estudante compreender que²:

A produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, mas os experimentos não são a única rota para o conhecimento científico e são dependentes de teorias, já que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente (Henrique, Andrade e L´astorina, 2010, p.19).

² Ressaltamos que essa é uma concepção de produção do conhecimento científico contemporânea, e não reflete as ideias defendidas por Tycho Brahe.

Quadro 8 – Encontro 6

Encontro 6 – As principais contribuições de Tycho Brahe a Astronomia

Aula expositiva e dialogada com discussões e problematizações, serão explorados alguns aspectos relacionados a natureza das ciências e as principais contribuições de Tycho Brahe à Astronomia. Serão abordados trechos dos diálogos das páginas 25 a 30. Será ressaltada a necessidade de colaboração entre vários cientistas na construção de conhecimentos científicos, além das influências culturais, sociais, políticas e religiosas na construção desses conhecimentos. A importância e como se dá a interação entre teoria e dados experimentais na construção de conhecimentos científicos.

Fonte: o autor

No encontro 6 serão novamente abordados aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico, a colaboração entre vários cientistas, disputas e influências culturais, sociais, políticas e religiosas. Espera-se que os alunos compreendam que:

A ciência é uma construção coletiva. Evita-se a noção de que as teorias sejam realizadas apenas por gênios isolados. Por outro lado, é importante reconhecer o valor dos trabalhos dos grandes cientistas, evitando a ideia de que todas as contribuições sejam equivalentes (Henrique, Andrade e L'astorina, 2010, p.19).

Quadro 9 – Encontro 7

Encontro 7 – Questões sobre as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e modelos geocêntricos e heliocêntricos.

Tarefa individual. Serão propostas questões envolvendo as contribuições de Tycho Brahe, natureza das ciências e os modelos geocêntricos e heliocêntricos.

Questão 1 – Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Questão 3 – Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

Questão 4 – Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Fonte: o autor

Com o encontro 7 buscaremos verificar se houve mudanças nas concepções alternativas dos estudantes em relação à aspectos envolvendo a natureza das ciências e a produção de conhecimento científico, além de observar se ocorreu o desenvolvimento de conhecimentos relacionados a alguns modelos históricos para os movimentos planetários e as principais contribuições de Tycho Brahe. Essa última etapa caracteriza-se como o terceiro momento pedagógico denominado “aplicação do conhecimento”.

Questões Iniciais - Vamos falar de ciência, cientistas e Astronomia!

Nome:

Série:

Responda as seguintes questões nessa própria folha. Se precisar de mais espaço utilize o verso.

Questão 1 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 2 – Descreva o perfil de alguns cientistas que você conhece ou já ouviu falar. Como eles são?

Questão 3 - Explique como é, em geral, o desenvolvimento histórico de algum tipo de conhecimento científico que você já estudou na escola.

Questão 4 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Vamos continuar falando de ciências, cientistas e Astronomia!

Nome:

Série:

Responda as seguintes questões nessa própria folha. Se precisar de mais espaço utilize o verso.

Questão 1 - Indique algumas contribuições de Tycho Brahe para a Ciência e para a Astronomia.

Questão 2 – Você conhece modelos do movimento planetário apresentados na antiguidade? Em caso afirmativo, dê exemplos e explique quais são as diferenças entre eles?

Questão 3 - Como, em geral, é construído o conhecimento científico?

Questão 4 - Você conhece alguns cientistas que tenham contribuído com o desenvolvimento da Astronomia? Em caso afirmativo, dê exemplos.

Questão 5 - Explique com um texto ou por meio de um desenho como ocorre a movimentação dos planetas em nosso sistema.

Slides utilizados pela professora/pesquisadora

ALGUMAS PROBLEMATIZAÇÕES ENVOLVENDO A LEITURA DO ARTIGO "ENTREVISTA COM TYCHO BRAHE" DE ALEXANDRE MEDEIROS; FÍSICA NA ESCOLA, V. 2, N. 2, 2001.



Bianca Cantana Motta

ALGUNS INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR TYCHO BRAHE!

- Quadrantes – O que eram? Para que serviam?
<https://youtu.be/5eVSVoHYN0Y?feature=share>
- Esferas armilares – O que eram? Como eram utilizadas?
<https://youtu.be/wTPQaLTwoBw?feature=share>

Qual foi o papel da Astrologia no desenvolvimento da Astronomia de acordo com o texto?

NO SEGUINTE TRECHO DA CONVERSA HÁ UMA CITAÇÃO ENVOLVENDO ASTRONOMIA E ASTROLOGIA.

VAMOS PENSAR!!!

Tycho Brahe: [...] um eclipse parcial do Sol. Ele havia sido previsto com exatidão pelos astrônomos. Eu achei aquilo incrível, que o homem pudesse saber o que aconteceria no reino dos céus. Pareceu-me algo divino que o homem pudesse conhecer o movimento dos astros e prever suas posições futuras. Eu que sempre fui um cara místico, passei a interessar-me pela astrologia.

Osmar: Você quer dizer Astronomia, não?

Você sabe qual é a diferença entre Astrologia e Astronomia atualmente?

Com base no trecho ao lado, podemos dizer que as afirmações e dados observacionais científicos são imutáveis e são construídas por um único cientista?

• Tycho Brahe: [...] edição em latim do Almagesto, o livro que Ptolomeu havia escrito sobre o movimento dos astros, eu logo percebi que as suas previsões estavam baseadas em dados observacionais muito falhos. Mesmo as correções feitas pelos astrônomos árabes não haviam contribuído muito para melhorar a qualidade das observações. E sem boas observações não me seria possível exercer bem a nobre tarefa de prever o futuro dos homens. Então, de início, foi mesmo por isso que comecei a me dedicar ao aperfeiçoamento das observações. Depois, no entanto, o fervor pela observação me tomou de tal modo que, mesmo sem abandonar jamais minha pretensão de fazer bons horóscopos, eles foram relegados a um segundo plano.

COM BASE NO COMENTÁRIO AO LADO, VOCÊ CONSEGUE INFERIR SOBRE UMA DAS GRANDES CONTRIBUIÇÕES DE TYCHO BRAHE PARA A ASTRONOMIA?

UTILIZE ESSE COMENTÁRIO PARA FALAR MAIS UM POUCO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA!!!

Tycho Brahe: [...] Naquela época eu já tinha completado os dezessete anos. Foi então que observei Júpiter e Saturno passarem muito perto um do outro. Aquilo, para mim, foi um acontecimento memorável. Isso se deu, precisamente, em 17 de agosto de 1563. Lendo as melhores tabelas astronômicas disponíveis naquela época, entretanto, constatei uma enorme disparidade entre o instante do acontecimento e o instante previsto. As tabelas Afonsinas, devidas aos astrônomos árabes, haviam errado a data do fenômeno observado por algo em torno de um mês, e mesmo as tabelas elaboradas pelo Copérnico também erravam sua previsão por vários dias. Aquilo tudo me pareceu inaceitável.

PODEMOS AFIRMAR QUE O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA ESTÁ IMUNE E TOTALMENTE ISOLADO DAS QUESTÕES SOCIAIS, POLÍTICAS E FINANCEIRAS?

• Tycho: [...] Nessa ocasião voltei para a Dinamarca, mas a minha família não via com bons olhos a minha ideia de me dedicar ao estudo dos céus. Voltei então para a Alemanha, indo para Augsburg. Lá, convenci alguns astrônomos amadores muito ricos que era necessário construir grandes e caros instrumentos de observação para que a Astronomia pudesse ser aperfeiçoada. Refiro-me aos grandes quadrantes. Foi ali que comecei minha dedicação total à tarefa de realizar observações cada vez mais precisas. Sem elas a Astronomia nunca teria saído do estado em que se encontrava.

Rogério: E uma simples Nova causou tanto reboleço?

Tycho: Sim; o aparecimento de um novo objeto nos céus provocou um intenso debate: ele estaria localizado abaixo ou acima da Lua? Se estivesse abaixo, tudo bem, mas se estivesse acima o caldo entornava. Teríamos uma mudança no céu antes tido como imutável.

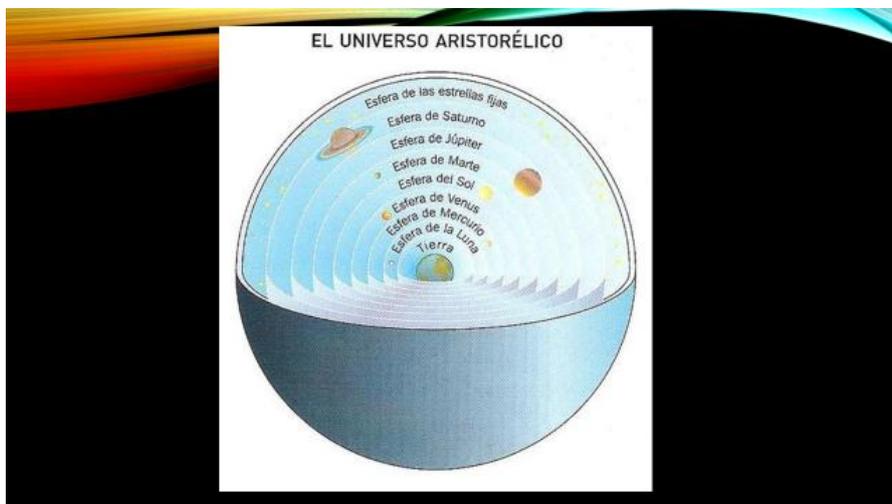
• Tycho: Os astrônomos todos correram para determinar o local da tal estrela Nova. Todos nós usávamos a ideia de tentar determinar a paralaxe, o deslocamento aparente daquele objeto em relação às demais estrelas. A ideia era medir o ângulo de visada entre a estrela Nova e uma outra estrela, mudar de local e medir novamente. Se a tal estrela Nova estivesse próxima da Terra ela deveria apresentar um deslocamento angular aparente, uma paralaxe.

• Tycho: Também não encontrei qualquer paralaxe. A questão é que dentro da precisão em que minhas medidas haviam sido feitas a tal estrela Nova deveria, no mínimo estar para além da oitava esfera das estrelas. Isso foi um golpe tremendo no dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico que havia se tornado a visão da Igreja Católica.

Explique o que é uma paralaxe?

<https://youtu.be/RqI0a5vRHg8?feature=shared>

O que afirma o dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico?



TYCHO: CONSTRUÍ URANIBORG, O "CASTELO DOS CÉUS", UM IMENSO PALÁCIO DE TRÊS ANDARES ESPECIALMENTE PROJETADO, SOB MINHA SUPERVISÃO, POR UM ARQUITETO ALEMÃO, PARA SER O MAIOR OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DO MUNDO

PODEMOS AFIRMAR QUE OS CIENTISTAS EM GERAL VIVEM E TRABALHAM SOZINHOS, ISOLADOS DO MUNDO E DE QUESTÕES SOCIAIS? COMENTE!

• Tycho: Pois é, Uraniborg era para mim uma festa em todos os sentidos, dos prazeres intelectuais aos prazeres da vida. Lá tive muitos filhos, dei festas, e, sobretudo, observei atentamente o céu, com a ajuda dos meus instrumentos e dos meus auxiliares. Dos instrumentos já falei. Dos estudantes vale a pena falar um pouco. Tive vários e muito talentosos. Uraniborg era mais que um observatório era uma verdadeira escola de Astronomia. Foram meus discípulos em Uraniborg, dentre outros, Peder Jacobsen Flemlose, John Hammond, Elias Olsen Morsing, Gellius Sascericides, Paul Wittich, Willem Janszoon Blaeu e, acima de todos, Christian Sorensen, conhecido como Longomontanus [...].

O QUE SIGNIFICA A SEGUINTE AFIRMAÇÃO FEITA POR TYCHO BRAHE NO TEXTO?

A CIÊNCIA RETIRA SUAS VERDADES E TEORIAS DAS EXPERIMENTAÇÕES E OBSERVAÇÕES?

OU AS EXPERIMENTAÇÕES E OBSERVAÇÕES, EM GERAL, JÁ SÃO INFLUENCIADAS POR HIPÓTESES E TEORIAS?

- Tycho: É, meu caro, mas perceba que se minhas observações da queda dos corpos estavam, como vocês dizem atualmente, carregadas de teoria, isso não é menos verdade para as suas teorias atuais. Toda observação na ciência sempre esteve carregada de teoria, não apenas as minhas.

O QUE VOCÊ PENSA SOBRE A AFIRMAÇÃO ABAIXO? ESTÁ DE ACORDO COM TUDO QUE VOCÊ PENSAVA DOS CIENTISTAS?

- Tycho: Meu amigo, a ciência sempre foi construída por homens normais, com virtudes e com defeitos, como eu.

SEMINÁRIOS: AGORA VAMOS CONHECER UM POUCO DOS MODELOS DE MOVIMENTOS PLANETÁRIOS PROPOSTOS POR:

DEVEMOS OBSERVAR PRINCIPALMENTE AS DIFERENÇAS, SEMELHANÇAS E AS HIPÓTESES INICIAIS.

- Ptolomeu
- Copérnico
- Tycho Brahe
- Kepler

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P. OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. A. **Mitos da Didática das Ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da Ciência no Ensino das Ciências**. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.
- ALMEIDA, A. de S.; MENEZES, M. C. F. de. **A História da Astronomia nos Livros de Ciências Naturais dos Anos Finais do Ensino Fundamental do PNL D 2017-2019**. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. Florianópolis, v.13, n.2, p. 75- 98, 2020.
- ALVAIDE, N.; PUGLIESE, A.; ALVIM, M. H. **Johannes Kepler no Clube da Lua: a descoberta da história de um dos fundadores da Astronomia moderna por crianças**. *Revista Cocar*. v.14 n.28, p. 759-780, 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- CASTRO, E. S. B. L.; PAVANI, D. B.; ALVES, V. M. **A Produção em Ensino de Astronomia nos Últimos Quinze Anos**. *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009*. Vitória, ES. 2009.
- D'AMBROSIO, U. **A Transdisciplinaridade como uma resposta à Sustentabilidade**. *NUPEAT–IESA–UFG*, v.1, n.1, p.1–13, 2011.
- DELIZOICOV, D. **Problemas e Problematizações, in Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora**. Maurício Pietrocola (org.). Editora da UFSC, Florianópolis, 2001.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade, história, teoria e pesquisa**. Campinas, SP: Papyrus, 1994.
- FILHO, J. B. L.; SILVA, M. L.; MADUREIRA, H. P.; IBIAPINA, R. M. **Construção de uma maquete de sistema planetário como atividade auxiliar ao ensino de astronomia nos cursos de física**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 39, nº 3, 2017.
- FIORENTINI, D; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.
- FREITAS, L. V.; SANTUCCI, R. M.; MARQUES, I. A. **Reinventando o método de Aristarco**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 43, 2021.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- GOULART, S. **História da Ciência: Elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências**. In: LIBÂNEO, José Carlos; SANTOS, Akiko. *Educação na Era do Conhecimento em Rede e Transdisciplinaridade*. Campinas: Alínea, 2005.
- GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. **A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico- filosófica**. *Caderno Catarinense de Ensino de*

Física, v.15, n.1: p.32-46, abr. 1998.

GINGERICH, O. **Tycho Brahe and the Nova of 1572**. Supernovae as Cosmological Lighthouses Asp. Conference Series, Vol. 342, 2005. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street Cambridge, USA, 2005.

HENRIQUE, A. B.; ANDRADE, V. F. P. de; L´ASTORINA, B. **Discussões sobre a natureza da ciência em um curso sobre a História da Astronomia**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n.9, p. 17-31, 2010.

HORVATH, J. E. **Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4501. 2013.

JÚNIOR, M. J.; TREVISAN, R. H. **Um perfil da Pesquisa em Ensino de Astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de Ensino de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 547-574, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia no Brasil: alguns recortes**. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES. 2009.

_____. **Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências**. Bauru–SP. Caderno Brasileiro de Física v.24, n.1, p.87-111, 2007.

_____. **Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências v.14, n.3, 2014.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.

MARTINS, R. A. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência 9): 3-5, 1990

_____. **Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico**. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

_____. **A maçã de Newton: história, lendas e tolices**. in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006a.

_____. **A história das ciências e seus usos na educação**. in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006b.

MEDEIROS, A. **Entrevista com Tycho Brahe**. Revista: Física na Escola, v. 2, n. 2, 2001.

_____. **Entrevista com Kepler: Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis**. Revista: Física na Escola, v. 3, n. 2, 2002.

_____. **Continuação da Entrevista com Kepler: A Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário**. Revista: Física na Escola, v. 4, n. 1, 2003.

- MOREIRA, A. F.; PROENÇA, P. P. **Abordagem Temática no Ensino de Astronomia: Contribuições da História da Ciência**. Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- NASCIMENTO, L. A. do; CARVALHO, H. R. De; SILVA, B. V. C. **A Astronomia, a Historiografia da Ciência e dos Livros Didáticos: uma história mal contada?** Revista de Ensino de Ciências e Matemática v.7 n.5, p. 40-52, 2016.
- NOBRE, S. **Leitura Crítica da História: Reflexões sobre a História da Matemática**. Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 531-543, 2004.
- OLIVEIRA, K.; SARAIVA, M. F. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- PRAXEDES, G.; PEDUZZI, L. O.Q. **Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, 3601, 2009.
- RIBEIRO, J. L. P. **Cosmográficos: representando o espaço ao longo do tempo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 4, 2016.
- RIBEIRO, J. L. P. **O Sonho de Johannes Kepler: uma tradução do primeiro texto de hard sci-fi**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 1, 2018.
- SÃO PAULO. Secretária da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. São Paulo: SEESP, 2011.
- SÃO PAULO. **Diretrizes do Programa Ensino Integral**. São Paulo: SEESP, [s.d].
- TRINDADE, D. **A História da História da Ciência**. São Paulo: Madras, 2003.
- TOSSATO, C. R. **Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler**. Scientiae Studia, v. 2, n. 4, p. 537–65, 2004.
- TOSSATO, C. R. **A importância dos instrumentos astronômicos de Tycho Brahe para a astronomia e a cosmologia dos séculos XVI e XVII**. Unifesp. Disponível em: <http://www.uesc.br/eventos/ivseminariohfc/resumos/aimportanciadosinstrumentos.pdf>. Acessado em 05/11/2020.
- TOSSATO, C. R. **“Tycho Brahe e a precisão das observações astronômicas”**, Intelligere, Revista de História Intelectual, nº13, pp. 92-112. 2022. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/revistaintelligere/article/view/198314>. Acesso em 30/11/2023.
- VIEIRA, M. B. F. **Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: análise de uma proposta**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2018.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ANEXO 1

MEDEIROS, A. **Entrevista com Tycho Brahe**. Revista: Física na Escola, v. 2, n. 2, 2001.

Entrevista com

Tycho Brahe



O título deste artigo é certamente uma brincadeira, mas o assunto, não! O ano de 2001 assinala os 400 anos da morte do grande astrônomo Tycho Brahe, a quem muito deve a ciência moderna. Personagem quase desconhecido pelos nossos estudantes e professores de Física, ele é mencionado nos livros didáticos de forma esporádica, quase que exclusivamente pelo fato de Kepler haver utilizado os dados de suas observações na busca das três famosas leis do movimento planetário: as leis de Kepler. Mas Tycho é um personagem fascinante, misterioso, a quem a ciência moderna deve as primeiras peças de evidência contra o cosmos aristotélico. Essas peças de evidência pavimentaram o caminho para a aceitação posterior dos trabalhos de Copérnico e de Galileu. Paradoxalmente, Tycho era um adversário ferrenho de Copérnico.

Existe pouca coisa escrita em português para nos ajudar a entender toda essa história. A melhor delas é o clássico *Os Sonâmbulos*, escrito pelo inglês Arthur Koestler nos anos sessenta. Koestler era um jornalista e escritor inglês, que havia estudado Física na juventude. Sua obra é de fácil leitura e as informações ali contidas foram retiradas, principalmente, de obras de maior porte, como por exemplo o clássico livro de Dreyer¹ editado em Edimburgo em 1890 (e reeditado pela Dover em 1963). Desde aquela época muitos trabalhos interessantes têm sido escritos sobre Tycho e a sua obra; o mais notável deles, talvez, seja o livro de Victor Thoren editado em 1990 pela Cambridge University Press². De qualquer modo, essas obras são todas de difícil acesso aos nossos estudantes e professores de Física. Além disso, com exceção do livro do Koestler, as outras obras mencionadas são trabalhos acadêmicos de difícil leitura para aqueles não iniciados nos meandros da história da ciência. Por esses motivos resolvemos lembrar os 400 anos da morte de Tycho Brahe contando um pouco da sua vida e da sua obra de um modo mais descontraído. Inventamos uma entrevista com Tycho, em um cenário surrealista: um bar à beira mar de Natal, por ocasião do XIV SNEF. Embora o relato que se segue seja, em sua concepção, uma fantasia pretensamente divertida, as informações históricas veiculadas estão todas apoiadas em obras de inegável valor acadêmico.

.....
Alexandre Medeiros

Departamento de Física – Universidade
Federal Rural de Pernambuco
.....



Esboço de Tycho Brahe.

Este artigo apresenta uma bem humorada conversa entre Tycho Brahe e um grupo de professores, todos sentados à beira da praia e diante de um copo. Embasado por diversos estudos acadêmicos, este texto também pode ser utilizado como uma representação teatral para se discutir aspectos históricos da astronomia.

A Entrevista com Tycho Brahe

Sob um sol de rachar mamona, corria o XIV SNEF, em Natal. Estávamos nós, os colegas professores Jafelice, Ciclamio, Rogério, Marcelo, Marcílio, Osmar, Cleide, o Fernando e eu, conversando à beira mar em Natal sobre a divertida peça de teatro sobre a prensa hidráulica que havíamos encenado no XIV SNEF e até mesmo sobre histórias de assombrações. Um comentário do Rogério sobre Kepler despertou-me a lembrança dos 400 anos da morte de Tycho Brahe. O colega professor Jafelice comentou quão pouco se ensina sobre Tycho na escola e o professor Ciclamio misturou nossa conversa sobre assombrações com a possibilidade de conversarmos com Tycho sobre sua vida. Vários escritores famosos já utilizaram-se desse expediente para criar interessantes obras com fundo histórico. Daí para começarmos nossa própria criação foi um pulo...

Chegara a nossa cerveja, para abrir o apetite – ninguém é de ferro, e sob os quase quarenta graus de Natal, após uma intensa apresentação teatral, fazíamos por merecer. Fernando bebeu o primeiro gole e pousou o copo na mesa com força, batendo-o, mesmo. E começou a falar diferente, com uma voz rouca:

– Os livros didáticos e os professores de Física já não se lembram mais de mim...

Marcelo percebeu de imediato, e entrou no clima:

– Olhe aí, é ele, é o Tycho Brahe encarnando no Fernando. Milagre! Aleluia!

– Se é assim – disse eu, ainda meio sem entender o começo da brincadeira – vamos fazer algumas perguntas.

E começamos.

Alexandre: Oh, Tycho, por que você tá reclamando? Que é que você fez mesmo pra achar que merece ser citado por nossos colegas professores de Física?

Tycho: Eu revolucionei a Astronomia e com ela toda a ciência, vocês nunca ouviram falar nisso?

Osmar: Só sei que você andou fazendo umas observações do céu e que o Kepler depois as usou para chegar às suas leis.

Tycho: A história é um pouco mais complicada, meu caro. Além disso, minha obra não se resume a haver feito algumas observações para serem usadas após a minha morte pelo Kepler. Antes de mim as observações mais precisas eram feitas até o limite de dez minutos de arco. Com os meus novos instrumentos pude fazer medidas de até um minuto de arco. E tem mais: até então as posições dos planetas e da Lua eram medidas apenas em ocasiões especiais, quando eles estavam em alguns importantes pontos de suas órbitas, como, por exemplo, em oposição ou em quadratura. Com os instrumentos que inventei, pude acompanhar o movimento dos planetas noite após noite, durante anos.

Marcílio: como, se você não tinha telescópio? A invenção do telescópio não é da época de Galileu, depois da sua morte?

Tycho: Exato! E aí vocês podem avaliar a grandeza e a importância do meu trabalho. Mesmo sem telescópio eu consegui fazer medidas dez vezes mais precisas que as melhores até então disponíveis.

Rogério: que tipo de instrumentos eram esses?

Tycho: Eram muito variados. Havia principalmente *quadrantes* enormes, algo como um transferidor gigante, que eu e os meus auxiliares usávamos para melhor observar os deslocamentos angulares dos planetas. Havia também *esferas armilares* uma espécie de globo, com a Terra no centro e os planetas em volta. Eu a usava para marcar as posições das observações. Eram todos enormes, isso facilitava as medidas angulares.

Rogério: Eu tenho uma curiosidade de saber como o seu trabalho começou, onde estudou, em que se formou, coisas assim.

Tycho: Estudei em muitos lugares, mas me formar mesmo, não me formei em nada. Nunca tive paciência de terminar nenhum curso. E, além disso, sempre fui um cara muito brigão.

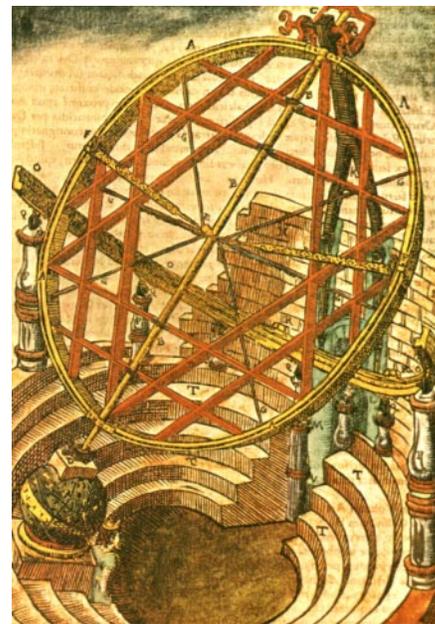
Marcelo: Peraí, dá pra começar do início? Fale onde você nasceu, quem eram seus pais, como foi criado, o que estudou, coisas assim.

Tycho: Está bem! Eu nasci em 14 de dezembro de 1546, no castelo de

Knudstrup, em Skania, na Dinamarca. Hoje o local fica na Suécia. O Brasil havia sido descoberto há bem pouco tempo e os portugueses mal haviam começado a explorá-lo, mas isso é um outro assunto. O fato é que os dinamarqueses dizem que eu sou dinamarquês e os suecos que eu sou sueco. Meu pai chamava-se Otto Brahe e pertencia à nobreza. A família Brahe era muito importante naquela época na Dinamarca, proprietária de vastas extensões de terra. Papai chegou a ser um dos membros da Câmara Alta, uma junta de vinte nobres que auxiliavam o rei na administração do país. Mamãe também tinha sangue azul, ela chamava-se Beate Billie e sua família era tão importante quanto a de papai. Vários parentes dela também fizeram parte da Câmara Alta. Titio Jorgen, no entanto, é quem tinha mais poder na família, ele chegou a ser Almirante da Armada dinamarquesa, comandando toda a nossa frota na guerra contra os suecos. Foi ele quem me criou, desde pequeno.

Marcelo: como é essa história, foi o seu tio quem lhe criou? Por que?

Tycho: Titio Jorgen não tinha um filho homem e fez papai prometer que quando mamãe tivesse um daria para ele criar. Papai prometeu, e deve ter ganhado algo com isso, mas não sei bem. Quando eu nasci, entretanto, papai não quis me dar e brigou com titio. Quando



Armilar equatorial desenvolvida por Tycho.

meu irmão nasceu titio me raptou e passou a me criar desde então. Depois de algum tempo papai e ele fizeram as pazes e eu continuei a morar com meu tio.

Rogério: E então, onde você estudou, como veio a se interessar pela Astronomia?

Tycho: Calma Rogério vou contar tudinho. Você ainda vai falar muito sobre mim e sobre a minha obra em sala de aula, principalmente agora que o Menezes, a Maria Regina e a Yassuko, lá da USP, trabalharam nos PCN e estão recomendando que aqui no Brasil se dê mais atenção a essas questões históricas. Aliás, o Thomsen e o Nielsen, dois físicos que trabalharam recentemente na reforma do ensino da Física lá na Dinamarca, também introduziram bastante coisa de história da ciência no currículo.

Osmar: Puxa! Você é um cara informado pra quem já morreu há tanto tempo.

Marcelo: Ele tá é feliz de ver o seu nome lembrado na escola.

Tycho: Eu mereço! (Risos)

Jafelice: E então Tycho, como é que você veio a se interessar pela Astronomia?

Tycho: Estudei numa escola paroquial. Desde os sete anos meu tio me colocou para estudar latim. Isso era um tanto esquisito, pois sendo um nobre eu precisaria apenas de aprender a caçar e fazer a guerra, mas titio desejava que fosse treinado nas coisas da administração do Estado; queria inserir-me no jogo do poder. Assim, já aos treze anos de idade, meu tio mandou-me para a Universidade de Copenhague.

Marcelo: Quer dizer que você fez o vestibular com treze anos?

Tycho: Não, eu não fiz vestibular nenhum. Aliás, isso nem existia. Na verdade como um nobre eu nem ao menos me matriculei, apenas fui para a Universidade estudar Direito e Filosofia e pronto.

Osmar: Direito? Não foi Física, nem Engenharia?

Tycho: Meu caro, na minha época, como atualmente, quem queria ganhar dinheiro ia estudar Direito, mesmo que fosse para fazer coisas erradas. Meu tio havia me colocado para estudar latim justamente com essa intenção. Lá passei

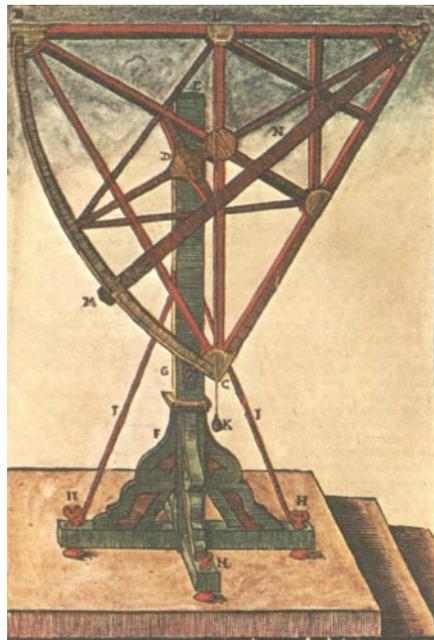
três anos. Durante esse tempo pude presenciar um fenômeno que me marcou muito e que o livro do Dreyer a meu respeito conta direitinho: um eclipse parcial do Sol. Ele havia sido previsto com exatidão pelos astrônomos. Eu achei aquilo incrível, que o homem pudesse saber o que aconteceria no reino dos céus. Pareceu-me algo divino que o homem pudesse conhecer o movimento dos astros e prever suas posições futuras. Eu que sempre fui um cara místico, passei a interessar-me pela astrologia.

Osmar: Você quer dizer Astronomia, não?

Tycho: Não, você ouviu bem: astrologia mesmo. Eu estava interessado na astrologia, a arte de desvendar os segredos do destino dos homens que estava estampado nos céus. Em prever o futuro, em fazer horóscopos. A Astronomia era uma mera coadjuvante da grande arte da astrologia. A Astronomia apenas cuidava de estudar os esquemas matemáticos que descrevessem os movimentos planetários e de observar a posição e o movimento dos astros.

Cleide: Quer dizer que você estava interessado, inicialmente, apenas na astrologia? Mas como veio a se tornar um astrônomo famoso?

Tycho: Boa pergunta! A questão é que, ao comprar uma edição em latim



Sextante idealizado por Tycho.

do *Almagesto*, o livro que Ptolomeu havia escrito sobre o movimento dos astros, eu logo percebi que as suas previsões estavam baseadas em dados observacionais muito falhos. Mesmo as correções feitas pelos astrônomos árabes não haviam contribuído muito para melhorar a qualidade das observações. E sem boas observações não me seria possível exercer bem a nobre tarefa de prever o futuro dos homens. Então, de início, foi mesmo por isso que comecei a me dedicar ao aperfeiçoamento das observações. Depois, no entanto, o fervor pela observação me tomou de tal modo que, mesmo sem abandonar jamais minha pretensão de fazer bons horóscopos, eles foram relegados a um segundo plano.

Alexandre: Então você nunca abandonou suas práticas astrológicas, apenas tornou-as secundárias?

Tycho: Em verdade, nenhum historiador jamais estabeleceu com clareza se eu abandonei a astrologia. Aliás, graças a ela ganhei cargos e mais prestígio social, como contarei daqui a pouco. A questão é que como vim a dar grandes contribuições à Astronomia, e dessas contribuições nasceu uma ciência que renega as crenças astrológicas, reescreveram o meu passado, ou melhor, omitiram parte dos meus afazeres. Agora veja lá, mesmo havendo feito contribuições para a agrimensura, e novas tabelas para as posições e para o movimento dos astros, você acha que algum rei daquela época me pagaria só para fazer isso?

Alexandre: Claro que não. Eu sempre disse isso, mas...

Tycho: Deixe-me continuar. O problema é que passaram a contar só aquilo que interessava de minha vida, para que a minha história ficasse alinhada com as contribuições posteriores de tantos outros em direção ao ideal de uma ciência essencialmente racional. Depois que historiadores, no século XX, começaram a revelar esses detalhes do meu passado, não sei se por isso, meu nome foi sumindo dos livros didáticos. Hoje é um escândalo, ninguém fala mais em mim. Vocês têm que fazer alguma coisa.

Jafelice: Então seja prático homem, continue a sua história.

Tycho: Onde eu estava?

Ciclamio: Você estava estudando na Universidade de Copenhague.

Tycho: Pois é, passei lá três bons anos, estudei um bocado e bebi muito.

Marcelo: Como é, você o que?

Tycho: Bebi muito, companheiro, desde jovem e por falar nisso bota mais um pouquinho de cerveja aqui no meu copo. Bebi a vinda inteira, sempre muito. E morri depois de uma bebedeira, mas depois eu conto isso.

Marcelo: Sabe, eu já topava com a sua cara e agora é que estou gostando mesmo.

Tycho: Obrigado. Pois então, eu saí de Copenhague e fui para a Universidade de Leipzig, na atual Alemanha, e lá continuei a estudar Direito, ou a frequentar as aulas, como queiram. Eu tinha dezesseis anos quando saí de Copenhague. Meu tio arranhou-me um tutor, um cara também jovem chamado Anders Vedel, que depois viria a se tornar o primeiro historiador famoso da Dinamarca. O Vedel deveria tentar me manter na linha que o meu tio havia traçado para mim: estudar Direito. Mas eu, naquela época já estava obcecado pelos mistérios dos céus. Comprei vários livros de Astronomia e instrumentos para fazer observações. Passei várias noites observando os céus. Naquela época eu já tinha completado os dezessete anos. Foi então que observei Júpiter e Saturno passarem muito perto um do outro. Aquilo, para mim, foi um acontecimento memorável. Isso se deu, precisamente, em 17 de agosto de 1563. Lendo as melhores tabelas astronômicas disponíveis naquela época, entretanto, constatei uma enorme disparidade entre o instante do acontecimento e o instante previsto. As tabelas Afonsinas, devidas aos astrônomos árabes, haviam errado a data do fenômeno observado por algo em torno de um mês, e mesmo as tabelas elaboradas pelo Copérnico também erravam sua previsão por vários dias. Aquilo tudo me pareceu inaceitável. Creio que foi naquela ocasião, para ser mais preciso, que decidi construir novas tabelas das posições dos astros e ficou claro para mim que isso implicaria na determinação daquelas posições com uma precisão até então nunca alcançada.

Marcelo: Você foi da mesma época

do Copérnico?

Jafelice: Epa! Você havia dito antes que a sua preocupação com a correção das tabelas astronômicas havia começado quando ainda estava em Copenhague, agora falou que foi só quando chegou em Leipzig. Qual é a verdade?

Tycho: Calma aí Jafelice, deixa eu responder primeiro ao Marcelo. Eu não fui contemporâneo do Copérnico não. Lembre-se que ele nasceu em 1473 e morreu em 1543. Eu nasci, portanto, três anos após a sua morte. Mas você precisa lembrar, também, que a grande obra do Copérnico, o *De Revolutionibus*, foi publicada logo após a sua morte. Portanto, naquela época, as idéias do Copérnico eram ainda bem recentes e causavam muita polêmica. Eu mesmo entrei nessa briga.

Alexandre: Você entrou não apenas nessa briga; você entrou em várias brigas.

Tycho: É verdade, mas deixe eu voltar para o que o Jafelice perguntou. Olha, fica difícil, após tantos anos da minha morte eu me lembrar, assim, com exatidão. Certamente meu interesse pelas coisas do céu, pela astrologia, deve ter nascido em Copenhague. Acredito, entretanto, que a minha decisão de elaborar novas tabelas astronômicas baseadas em observações mais precisas só tenha nascido em Leipzig, por ocasião da aproximação de Saturno e Júpiter.

Jafelice: Ah, ok. É que a gente quer saber como a coisa se deu para não inventar a seu respeito na sala de aula.

Tycho: Obrigado, já inventaram muita coisa ao meu respeito mesmo.

Jafelice: Prossiga!

Tycho: Então! Como eu havia decidido construir novas tabelas, ficou claro para mim que eu precisaria fazer observações cuidadosas por um longo período de tempo. Por essa época o Vedel desistiu de ser o meu tutor; ele já percebera que as coisas dos céus haviam me conquistado definitivamente e que eu jamais seria um bom estudante de Direito. Mesmo assim, continuamos amigos pelo resto da vida. Passei a assistir regularmente as aulas de Astronomia dadas por Scutetus. Nessa época titio morreu de pneumonia e havia me deixado como seu herdeiro. Mas eu não herdei apenas a fortuna do meu tio,

mas, sobretudo a gratidão que o Rei Frederico II tinha para com ele.

Rogério: Não estou entendendo.

Tycho: É que titio Jorgen, que era o almirante da armada, estava voltando de uma batalha na qual nós os dinamarqueses ensinamos aos suecos como se briga uma boa guerra.

Marcelo: Você estava lá?

Tycho: Eu não! Eu estava numa boa observando o céu e bebendo em Leipzig. O titio é que estava na batalha.

Marcelo: Entendi, mas é que você falou “nós ganhamos”.

Tycho: Modo de falar, força de expressão. Pois bem, respondendo ao Rogério: na comemoração da vitória o Rei Frederico II caiu ao mar e a água estava congelada. Titio, vendo aquilo, pulou na água e conseguiu salvar o Rei, mas contraiu uma pneumonia que rapidamente levou-o à morte.

Jafelice: Oh Tycho, essa história é verdade mesmo? Dá pra contar em sala de aula ou é apenas enrolação?

Tycho: Enrolação coisa nenhuma. Isso está no livro do Vedel sobre a história da Dinamarca. Você nunca leu?

Jafelice: Não sabia nem que esse cara existia.

Tycho: Pois é, está lá, vários historiadores da ciência já registraram isso.

Jafelice: Eu acredito, pode continuar.

Tycho: Pois é, aí o Rei Frederico II, de certo modo, transferiu aquela sua gratidão para com o titio Jorgen para mim.

Marcelo: Cara de sorte esse Tycho.

Tycho: Nessa ocasião voltei para a Dinamarca, mas a minha família não via com bons olhos a minha idéia de me dedicar ao estudo dos céus. Voltei então para a Alemanha, indo para Augsburg. Lá, convenci alguns astrônomos amadores muito ricos que era necessário construir grandes e caros instrumentos de observação para que a Astronomia pudesse ser aperfeiçoada. Refiro-me aos grandes quadrantes. Foi ali que começou minha dedicação total à tarefa de realizar observações cada vez mais precisas. Sem elas a Astronomia nunca teria saído do estado em que se encontrava. De Augsburg fui estudar na Universidade de Wittenberg, em 1566. Apesar de não haver me matriculado oficialmente, passei a assistir

regularmente às aulas de Astronomia de Caspar Peucer. A peste negra assolou Wittenberg e ainda naquele mesmo ano fui para a Universidade de Rostock.

Marcelo: E você tem alguma lembrança dessa época da peste, Tycho?

Tycho: Da peste não, mas foi por aqueles tempos que briguei e perdi meu nariz.

Marcelo: Já que tocou nesse assunto Tycho, que negócio é esse que você usa aí no lugar do nariz. Isso é um pedaço de lata, uma peça de metal, o que é isso?

Tycho: Mais respeito, seu atrevido, veja lá como fala! Foi justamente em Rostock que a coisa começou. Briguei com um colega que dizia ser melhor matemático do que eu. Que audácia! Desafiei o atrevido para um duelo e o maldito cortou-me o nariz. Passei o resto da vida usando essa prótese horrenda de metal. E ainda precisei andar o resto da vida com uma caixinha de um óleo xexelento para passar na maldita peça, a fim de mantê-la sempre no lugar.

Cleide: Que nojento!

Tycho: É sim, aliás vamos mudar de assunto, por favor.

Alexandre: Ok, Tycho e depois de Rostock?

Tycho: Ainda tentei no ano seguinte voltar a Rostock, mas a justiça aplicou-me uma multa devido ao tal duelo. Imagine se eu houvesse arrancado o nariz daquele canalha. Em 1568 fui para a Universidade da Basileia, na Suíça. A cidade é linda e bastante civilizada, bem junto ao rio Reno. Fiquei pouco tempo por lá, mas guardei ótimas lembranças do local. Voltei para lá tempos depois. Aos vinte e seis anos, em 1570, voltei para a Dinamarca e fui morar com meu tio por parte de mãe, Steen Bille. Ele era um cara dinâmico, havia fundado a primeira fábrica de papel da Dinamarca. Ele era também o único na família, na época, que me apoiava no meu amor pelos astros.

Alexandre: Foi quando apareceu aquela supernova?

Tycho: É, eu estava morando na casa do tio Steen. Ele tinha um laboratório de Alquimia no porão. Mas não foi exatamente na época que voltei, foi dois anos depois, em 1572.

Ciclamio: Oh, Tycho, então conta

direito como foi...

Tycho: Pois é, eu havia passado a noite em claro no laboratório de Alquimia do tio e olhando para o céu me deparei com uma estrela muito brilhante na constelação de Cassiopéia; ela era mais brilhante do que Vênus. Imaginem só, ela brilhava até durante o dia! Não fui, claro, o primeiro a observá-la, mas fiquei tão impressionado com aquele fenômeno que chamei outras pessoas para testemunharem que eu não estava tendo uma alucinação.

Ciclamio: E daí, você ficou deslumbrado com o fenômeno, mas por que a coisa veio a tornar-se tão polêmica?

Tycho: Porquê segundo o grande Aristóteles o Cosmos era ordenado num mundo sublunar, onde todos nós vivemos e onde existe corrupção.

Marcelo: E como existe!

Tycho: É, mas eu estou falando de corrupção em um sentido mais amplo, de mudança. Segundo Aristóteles, nesse nosso mundo sublunar as coisas estariam sujeitas a mudanças, a transformações. Já no mundo supralunar, nas esferas dos planetas e das estrelas, tudo seria perfeito e imutável. O mundo dos céus, sendo perfeito, não poderia mudar.

Rogério: E uma simples Nova causou tanto reboliço?

Tycho: Sim; o aparecimento de um novo objeto nos céus provocou um intenso debate: ele estaria localizado abaixo ou acima da Lua? Se estivesse abaixo, tudo bem, mas se estivesse acima o caldo entornava. Teríamos uma mudança no céu antes tido como imutável.

Cleide: E como você entrou nessa disputa?

Tycho: Os astrônomos todos correram para determinar o local da tal estrela Nova. Todos nós usávamos a idéia de tentar determinar a paralaxe, o deslocamento aparente daquele objeto em relação às demais estrelas. A idéia era medir o ângulo de visada entre a estrela Nova e uma outra estrela, mudar de local e medir novamente. Se a tal estrela Nova estivesse próxima da Terra ela deveria apresentar um deslocamento angular aparente, uma paralaxe. O Maestlin de Tubingen, que foi professor do Kepler, vocês sabem, me-

diu e não encontrou paralaxe nenhuma; o Thomas Diggs, na Inglaterra também. Mas as medidas deles eram muito imprecisas, de forma que quando eu resolvi medir a tal paralaxe com os meus novos instrumentos, toda a Europa voltou sua atenção para o meu trabalho. Aquilo me colocou na vitrine.

Rogério: E qual o seu resultado?

Tycho: Também não encontrei qualquer paralaxe. A questão é que dentro da precisão em que minhas medidas haviam sido feitas a tal estrela Nova deveria, no mínimo estar para além da oitava esfera das estrelas. Isso foi um golpe tremendo no dogma da imutabilidade do Cosmos aristotélico que havia se tornado a visão da Igreja Católica.

Marcelo: Você era católico?

Tycho: Não, eu era luterano! Não muito convicto, é claro, pois sempre fui um místico e, além disso, dado às minhas carraspanas, mas ainda assim um luterano.

Rogério: E então?

Tycho: Então eu pensei em publicar aquilo, mas hesitei porque não ficava bem para um nobre publicar livros.

Jafelice: Não sabia que havia esse preconceito.

Tycho: É, havia, mas eu decidi romper com o preconceito e no ano seguinte publiquei um livro sobre a tal estrela Nova, o título era: *Sobre a Nova Estrela Nunca Vista Antes*. Parece que recentemente traduziram esse meu livro para o português. Algum de vocês viu o livro?

Marcelo: É, parece que saiu uma edição uns tempos atrás pela editora Nova Stella, mas é coisa rara de se encontrar.

Tycho: O interessante é que logo após esse evento, em 1574, alguns nobres mais jovens da corte em Copenhague me pediram que lhes desse umas aulas de Astronomia e que falasse sobre minha descoberta a respeito daquela estrela Nova. Mais uma vez, hesitei. Dar aulas não era coisa para nobres. Ensinar é coisa de pobre.

Osmar: Puxa, você acha isso, é? Aqui todos nós somos professores, sabia?

Tycho: Claro que sabia. Algum de vocês aqui é rico? Ou pensam que só porque já morri há tanto tempo podem

me enrolar?

Rogério: E eu que já estava pensando em convidá-lo para dar uma palestra lá no Colégio sobre a história da ciência e as novas diretrizes dos PCN...

Tycho: Bom, de qualquer modo eu dei as tais aulas na Universidade de Copenhague. No íntimo eu me sentia feliz de falar sobre coisas que nenhum outro poderia falar, pois ninguém tinha a possibilidade de fazer medidas tão precisas quanto as minhas. Lembrando que o próprio Rei pediu-me para dar as tais aulas, vemos que eu não tinha como escapar. No ano seguinte, em 1576, eu já era famoso por toda a Europa. Decidi, então, desfrutar da minha fama e fazer uma longa viagem encontrando-me com astrônomos por todo o continente. Aproveitei para rever a Basiléia e pensei mesmo em me estabelecer por lá. Meu Rei, Frederico II, ficou muito preocupado com a possibilidade de perder os meus serviços de astrólogo real e ofereceu-me vários castelos para que eu voltasse à Dinamarca. Recusei todos eles, mas quando ele me ofereceu, em 1576, a posse da ilha de Hven e muitos recursos materiais para construir um castelo e um observatório, do modo que eu desejasse, resolvi aceitar. Hven, que atualmente é chamada apenas de Ven, significava a ilha do céu. Ela fica no meio da baía que se estende entre a Dinamarca e a Suécia. Na época pertencia à Dinamarca, hoje pertence à Suécia.

Marcelo: Não é da minha conta, mas quanta grana você ganhou para construir esse tal castelo e o tal observatório?

Tycho: Foi muito dinheiro mesmo. Para você ter uma idéia, a quantia equivalia a aproximadamente 10% do orçamento da Dinamarca. Nem o projeto Apolo dos americanos para chegar à Lua, mobilizou, proporcionalmente, tantos recursos de uma nação.

Osmar: Puxa, era dinheiro muito! E o que você construiu por lá?

Tycho: Construí Uraniborg, o “Castelo dos Céus”, um imenso palácio de três andares especialmente projetado, sob minha supervisão, por um arquiteto alemão, para ser o maior observatório astronômico do mundo. Ele tinha uma ótima biblioteca e uma grande quantidade de instrumentos de madei-

ra e bronze, como quadrantes, astrolábios, réguas de paralaxe, esferas armilares e relógios dos mais precisos. E tudo gigantesco e em dobro. Uraniborg era suntuoso, tinha instalações luxuosas para mim e acomodações para vários estudantes de Astronomia e para toda uma equipe de ajudantes. Tinha jardins, laboratório de alquimia no porão, tinha uma gráfica, uma fábrica de papel e tinha até enormes salões de festa. Por falar nisso, eu dava festas incríveis, às quais compareciam nobres, príncipes e até reis. Eu tinha até um anão para fazer graças nas minhas festas e tinha também o meu alce de estimação.

Marcelo: Você criava um alce dentro do seu castelo? Foi isso que eu entendi?

Tycho: Isso! Mas o bicho morreu de uma queda na escada. Fiquei muito triste.

Cleide: E de onde vinha todo esse dinheiro em um Estado tão pequeno como a Dinamarca?

Tycho: Vinha, principalmente, das riquezas que haviam sido expropriadas da Igreja com a Reforma Protestante. Sem ela, não teria havido Uraniborg.

Marcelo: Agora você contou o pulo do gato, companheiro.

Tycho: Pois é, Uraniborg era para mim uma festa em todos os sentidos, dos prazeres intelectuais aos prazeres da vida. Lá tive muitos filhos, dei festas, e, sobretudo, observei atentamente o céu, com a ajuda dos meus instrumentos e dos meus auxiliares. Dos instrumentos já falei. Dos estudantes vale a pena falar um pouco.

Tive vários e muito talentosos. Uraniborg era mais que um observatório era uma verdadeira escola de Astronomia. Foram meus discípulos em Uraniborg, dentre outros, Peder Jacobsen Flemlose, John Hammond, Elias Olsen Morsing, Gellius Sascrides, Paul Wittich, Willem Janszoon Blaeu e, acima de todos, Christian Sorensen, conhecido como Longomontanus,

meu principal auxiliar.

Marcelo: E o Kepler? Ele não foi seu aluno nessa época?

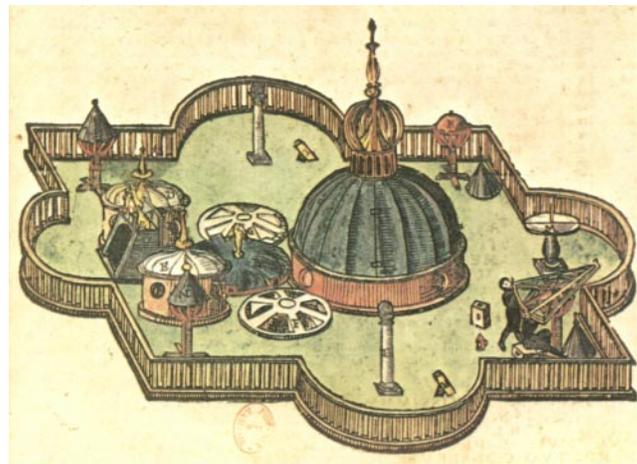
Tycho: Não! Na verdade este senhor nunca foi propriamente meu aluno, mas apenas meu ajudante e só o conheci perto de morrer, quando já estava morando em Praga. Ele havia estudado com o Maestlin, em Tubingen. Chegaremos lá.

Marcelo: Parece que você não tinha muita simpatia pelo Kepler.

Tycho: Realmente, ele era teimoso como eu; e dois bicudos não se beijam. Isso é um assunto para falar depois, mas já que perguntaram, aqui vai a resposta. Na verdade só aceitei o Kepler como meu ajudante em Praga, porque confiava nos seus dotes matemáticos e, estando no fim da vida, acreditava precisar da sua ajuda para estabelecer a veracidade do meu modelo do Cosmos. Longomontanus havia falhado naqueles cálculos para ajustar a órbita de Marte. E Kepler, por seu lado, queria mesmo era botar a mão nos meus dados para tentar provar as idéias dele, que eram bem diferentes das minhas, sobre o Cosmos. Ele era um interesseiro e um chato.

Rogério: Agora eu me atrapalhei todo. Kepler não era seu discípulo? Os livros didáticos dizem que você deixou os seus dados para ele e insinuam que ele continuou a sua obra. Não foi isso?

Tycho: Uma ova! O Kepler, como já disse, pensava bem diferentemente de mim. Ele só queria os meus dados. E é mentira essa história de que deixei



Esboço de Uraniborg, o observatório de Tycho, que começou a ser construído em 1576.

os meus dados para ele. Eu nunca faria isso. Os dados ficaram com a minha família. Ele se apossou de boa parte dos dados após a minha morte.

Rogério: O negócio está ficando confuso.

Jafelice: É Tycho, o Rogério tem razão, eu já vi coisas assim nos livros didáticos; que você e o Kepler eram chapinha um do outro.

Tycho: Já estou perdendo a paciência, esses tais livros didáticos de vocês contam absurdos. Leiam, por exemplo, o livro que o Thoren escreveu a meu respeito.

Marcelo: Calma Tycho, senão o seu nariz cai no chão.

Tycho: Olha, deixa eu voltar a história para quando morava ainda em Uraniborg e aí vocês vão entender. Em 1577 surgiu aquele famoso cometa e eu me lancei à tarefa de medir a sua posição, determinar se ele estava no mundo sublunar e se era, portanto, um fenômeno atmosférico, como muitos pensavam, ou se estava no mundo supralunar. Meus estudos foram detalhados; àquela época eu já levava em conta até a correção da posição dos astros devido à refração da luz e com os meus muitos e gigantescos instrumentos pude medir tudo com bastante precisão. Como já disse, Uraniborg tinha dois conjuntos separados de instrumentos, de modo que as medidas eram sempre feitas, simultaneamente, em dobro. Pois bem, as minhas observações levaram-me a concluir que o tal cometa não apenas era um fenômeno supralunar, assim como antes havia constatado para aquela estrela Nova de 1572. Descobri também que ele cruzava as várias esferas celestes. Isso abalou muito as crenças cosmológicas da época. A Igreja não respondeu às minhas observações, mas as tais esferas de cristal que sustentavam os planetas foram caindo em desuso. Agora só se falava em órbita dos planetas, não mais em esferas.

Rogério: Foi por essa época que você rompeu com o dogma aristotélico?

Tycho: Na verdade eu nunca rompi com o dogma aristotélico, eu sempre fui, no fundo, um aristotélico. Eu acreditava que os corpos que caem, caem porque precisam realizar seu intento de buscarem o centro do Universo, o

centro da Terra. Se por um lado eu já não aceitava o modelo de Ptolomeu, que conduzia a enormes falhas nos cálculos das posições dos astros, por outro lado, eu ainda era, no fundo, um geocentrista. Eu não aceitava de modo algum o modelo copernicano.

Jafelice: Mas você não havia contribuído para desafiar o velho cosmos aristotélico?

Tycho: Havia, e daí?

Rogério: Ora, se desafiou a crença aristotélica da imutabilidade dos céus, de certo modo pode-se dizer que você criou um clima propício para a aceitação das idéias de Copérnico e posteriormente das de Galileu, certo?

Tycho: Certo, mas isso foi contra a minha vontade. Veja lá. Eu tinha boas razões para não ser um copernicano. Qualquer astrônomo de juízo, à minha época teria. Duvido que você fosse um copernicano se houvesse tido acesso aos dados que eu tive.

Marcelo: Como assim?

Tycho: Eu estava empenhado em determinar a paralaxe das estrelas. Se o sistema copernicano fosse verdadeiro então a Terra se moveria ao redor do Sol, certo?

Rogério: Certo!

Tycho: Pois bem, se a Terra se movesse em torno do Sol, como queria o Copérnico, nós deveríamos ver as estrelas sofrerem deslocamentos aparentes, paralaxes, certo? Lembre-se que após aproximadamente seis meses, entre o periélio e o afélio, estaríamos do outro lado da órbita da Terra em torno do Sol, certo?

Ciclâmio: Certo!

Tycho: Pois bem, eu medi com a maior precisão possível as posições das estrelas com seis meses de intervalo. E qual a paralaxe que achei? Nenhuma, absolutamente nenhuma! Então o que eu poderia concluir?

Marcílio: Sim, o que você poderia concluir?

Tycho: Quem perguntou isso fui eu, responda você! Está vendo porque eu não gosto de ensinar?

Osmar: Calma Tycho, o Marcílio tem razão; não está claro o que você deveria concluir.

Tycho: Pois preste atenção! Eu poderia concluir duas coisas, ou uma ou a outra. A primeira, é que a falta de

paralaxe indicava que a Terra não se movia, como queria o Ptolomeu; e a segunda, é que as estrelas estavam tão distantes que o Universo deveria ser praticamente infinito, como queria o Copérnico. O que é que você concluiria?

Marcílio: Que o Universo é infinito.

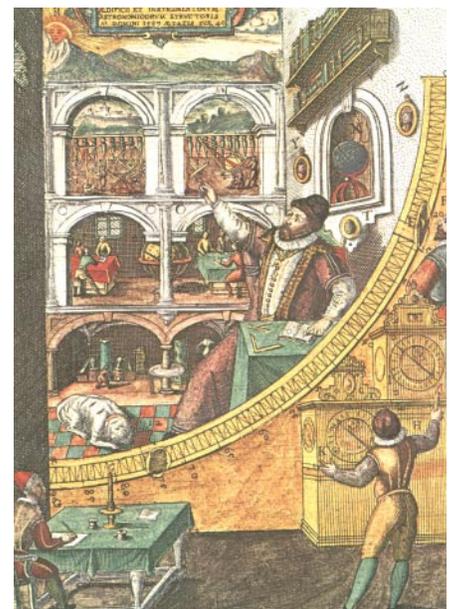
Tycho: Uma ova! Você diz isso porque leu nos livros, criou-se numa cultura heliocentrista, é um copernicano de berço, não de reflexão.

Marcílio: Olhe aqui Tycho, eu agora me enfezei. Eu sou nordestino e dou-lhe um murro nesse seu nariz de lata se você não retirar o que disse. Tá pensando que só porque você já morreu pode vir aqui tirar onda com a minha cara?

Cleide: Calma Marcílio, o homem já morreu faz tempo.

Jafelice: É pessoal, vamos ter calma e ouvir o resto da argumentação do Tycho.

Tycho: Fiquem sabendo os senhores que não arredo o pé; aliás foi por coisas desse tipo que perdi o meu nariz. Mas vejam lá: das duas respostas possíveis, a de admitir que o Universo fosse praticamente infinito pareceu-me absurda, como pareceu a quase todo mundo naquela época. Por outro lado, admitir que a Terra estava parada no centro do Universo era muito convidativo. Eu optei por essa resposta. Apesar de haver abalado as estruturas do edifício aristotélico, de chegar a formular duas possibilidades de resposta para



Quadrante construído por Tycho.

o problema, eu escolhi a mais conservadora das duas. A outra pareceu-me uma loucura. E aí fiquei com um enorme problema para resolver: encontrar um outro modelo, uma terceira via, nem Ptolomeu, nem Copérnico, entendeu?

Rogério: Estou entendendo. E aí como você criou esse seu modelo?

Tycho: Foi já por volta de 1583 que eu me inspirei no antigo modelo de Heráclides do Ponto, um antigo pitagórico meio esquecido, para criar o meu próprio modelo. O meu modelo era muito semelhante ao dele. Sem explicar agora os detalhes técnicos, a coisa era mais um menos um compromisso entre o melhor dos dois sistemas, o de Ptolomeu e o de Copérnico. Os planetas giravam em torno do Sol, não mais da Terra, como queria Copérnico; no entanto, o Sol e os planetas com ele, giravam todos juntos em redor da Terra. Aquele modelo de compromisso parecia-me esteticamente perfeito, eu só precisava encontrar as peças de evidência. Foi aí que mergulhei febrilmente na coleta de dados observacionais que apoiassem o meu sistema.

Jafelice: Mas qual era a vantagem desse seu sistema em termos explicativos, em relação aos outros dois?

Tycho: Olha, os livros didáticos de vocês mal falam no meu nome. Muitos pensam, quando ouvem falar que eu tinha um outro modelo, que o do Copérnico era melhor que o meu. Isso é um tremendo engano. Mais que um engano, isso é uma enorme injustiça para comigo. Meu modelo veio depois do de Copérnico. Eu, claro, havia lido as coisas do Copérnico e minhas previsões eram mais precisas que as dele naquele momento.

Osmar: Oh, Tycho. Você não está puxando a brasa para a sua sardinha?

Tycho: Não senhor. Lembre-se que o modelo do Copérnico só ficou mais preciso que o meu depois que o maldito do Kepler sacou aquela coisa das elipses. E a aceitação das idéias do Copérnico, depois de modificadas pelo Kepler, só veio também após a nova Física do Galileu e do Newton darem à teoria do Copérnico um respaldo que a Física do Aristóteles não podia dar. Mas à minha época, a minha teoria era melhor que a do Copérnico, disso eu não tenho dú-

vidas, companheiro. É que tem certas coisas que só conheci depois de morto, como a Física do Galileu e do Newton, e aí não dava mais, né?

Rogério: Estou gostando desse seu papo, mas onde é que eu posso ler algo desse tipo?

Tycho: Recentemente mesmo, em 2000, o *European Journal of Physics* publicou um artigo da Forinash e do Rumsey sobre um curso de história da ciência para estudantes de Física que fala nisso. Dê uma olhada.

Osmar: Você lê muito em cara? Para um morto, você tá bem atualizado.

Tycho: É, eu leio tudo o que aparece ao meu respeito e sobre Física lá na biblioteca do céu.

Jafelice: Oh, Tycho. Eu ainda estou curioso de saber quais as loucuras que você via no modelo do Copérnico.

Marcílio: É isso aí. Para mim o modelo do Copérnico é que está certo. O seu tá errado.

Tycho: Oh espertinho, se o modelo do Copérnico está certo, por que você chama ele de “modelo”?

Marcílio: Espertinho é a sua vovozinha, seu nariz de lata. Vamos conversar lá fora!

Jafelice: Calma, calma! Eu quero saber o que o Tycho tinha tanto contra o modelo do Copérnico.

Tycho: Bem, em primeiro lugar, eu evitava aquilo que me parecia uma loucura do sistema do Copérnico. Como os corpos devem cair para o centro do Universo, segundo Aristóteles, se a Terra não estivesse no centro do mesmo, como dizia o Copérnico, nós veríamos os corpos caírem na direção desse tal centro, o Sol, por exemplo, e não como vemos na realidade, em direção ao centro da Terra. E em segundo lugar...

Ciclâmio: Espera aí Tycho, esse seu argumento não está legal. Você está rejeitando a idéia do Copérnico dizendo que está baseado em observações da realidade da queda dos corpos, mas ao descrever tais observações você já incorpora, implicitamente, a concepção aristotélica de que cair significa dirigir-se ao centro da Terra.

Tycho: Muito inteligente a sua observação, meu jovem. Se eu ainda estivesse vivo eu o contrataria para trabalhar comigo.

Ciclâmio: Obrigado; como eu moro perto do cemitério e o meu salário não é lá essas coisas, estou já pensando em aceitar a sua oferta de antemão.

Tycho: É, meu caro, mas perceba que se minhas observações da queda dos corpos estavam, como vocês dizem atualmente, carregadas de teoria, isso não é menos verdade para as suas teorias atuais. Toda observação na ciência sempre esteve carregada de teoria, não apenas as minhas.

Marcílio: Como assim, Tycho? Eu quando ensino Física sei, muito bem, que ela é uma ciência experimental. Que as leis que ensinamos saem todas da observação, sem preconceitos teóricos do tipo desse seu.

Tycho: Engano seu, caro colega. Apesar de morto, continuo lendo as coisas que os meus sucessores escreveram. Quando você ensina a primeira lei de Newton, por exemplo, diz que se nenhuma força atuar sobre um corpo ele permanecerá em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme.

Osmar: Mas claro, pois isso pode ser demonstrado experimentalmente.

Tycho: Onde? Como? Pode coisa nenhuma! Por que vocês não fazem uma entrevista também com o Newton ou com o Galileu sobre esse assunto?

Jafelice: Faremos isso, mas por enquanto continue o papo sobre a sua história. Quais eram as outras loucuras do modelo do Copérnico?

Tycho: Além da que acabei de falar sobre essa doídice de os corpos terem de cair em direção ao Sol, no meu modo aristotélico de ver as coisas, tinha também o fato de que se a Terra estivesse girando os corpos não cairiam aos pés dos locais em que haviam sido soltos, como sabemos que caem, mas para trás destes pontos. Os pássaros não conseguiriam voar devido ao vento da Terra se deslocando no espaço. São coisas dessa natureza, e para completar tinha o fato de que eu não havia achado qualquer paralaxe para as estrelas, o que ao menos para mim indicava que a Terra deveria estar parada no centro do Universo.

Alexandre: Você estava coberto de razão, vendo as coisas do seu ponto de vista aristotélico. Suas observações, interpretadas com os olhos teóricos do aristotelismo, só poderiam tê-lo levado

às conclusões que chegou. O problema não estava nas suas observações, mas na necessidade de uma outra Física, radicalmente diferente da de Aristóteles, para dar um sentido completamente diverso naquilo que você estava observando. E isso só veio com o Galileu e com o Newton.

Tycho: Obrigado pela compreensão. Vocês deveriam conversar também com o Ernest Mach sobre essas coisas.

Jafelice: Também já está na nossa agenda.

Tycho: Posso continuar minha história?

Alexandre: Claro, vá em frente, mas fale um pouco das suas maldades com os camponeses lá na ilha de Hven.

Tycho: É, eu era um pouco exigente.

Alexandre: Exigente? Os historiadores dizem que você era cruel, que explorava os pobres camponeses a um ponto que até o Rei se revoltou. Dizem que você possuía uma cadeia em Uraniborg onde trancafiava quem você queria. Isso é verdade?

Tycho: Bem, isso já faz muito tempo, não me lembro direito, mas eu tinha uma cadeia sim, para colocar lá os teimosos, aqueles que não concordassem com as minhas ordens.

Ciclamio: Declino do convite de ser seu assistente.

Tycho: O que me lembro bem é que a coisa piorou em 1588, quando o Rei Frederico II morreu de uma bebedeira.

Marcelo: Como é, o Rei Frederico II morreu de que?

Tycho: De uma bebedeira, de um porre exagerado. O Vedel conta isso direitinho no livro dele sobre a história da Dinamarca.

Rogério: E o que é que mudou com isso?

Tycho: Mudou muita coisa. Frederico sempre havia me apoiado, eu havia prestado bons serviços para ele.

Alexandre: De que tipo?

Tycho: Vários tipos. Eu sempre fiz previsões astrológicas para ele. Eu fazia todo ano uma espécie de prognóstico astrológico do que poderia acontecer. Em 1577, ano que aquele cometa apareceu, eu fiz um prognóstico especial. Além disso eu, como um discípulo de Paracelsus que sempre fui, preparava remédios no meu laboratório de Alqui-

mia. Os livros didáticos de vocês não falam disso, mas foram aquelas coisas que garantiram o apoio do Frederico. Eu fiz também os horóscopos de todos os seus filhos ao nascerem, até o do desgraçado do Cristiano IV.

Rogério: Quem era esse tal Cristiano IV, por que essa raiva dele?

Tycho: Cristiano IV era o filho mais velho do Frederico, que assumiu o trono em 1588 com a morte do pai. Ele era muito jovem e não gostava de mim. A coisa foi degenerando. Eu não era lá nenhuma flor, mas tinha uma competência reconhecida mundialmente, enquanto o Cristiano IV era um jovem idiota, que vivia me mandando cartinhas com reclamações. Mas a história vingou-se dele, reduzindo-o à sua insignificância. Quem se lembra do Cristiano IV?

Jafelice: Eu nunca tinha ouvido falar.

Rogério: Nem eu.

Alexandre: Eu sabia que ele havia brigado com você e que por isso você terminou abandonando a Dinamarca e Uraniborg.

Tycho: Olha aí! Ele só entrou na história nas minhas costas. Ele ficava me exigindo satisfação para tudo. Chegou ao ponto que eu não podia mais trabalhar nas minhas observações, nas minhas idéias. Foi aí, em 1597, que resolvi por um fim naquilo tudo. Arrumei todas as minhas coisas, desmontei e empacotei meus gigantescos instrumentos e sai pela Europa procurando um lugar onde pudesse trabalhar bem e em paz. Mas antes de sair dei alguns conselhos para as próximas gerações que ficaram famosos.

Rogério: Quais?

Tycho: Anotem aí, isso está escrito em vários lugares, podem citar à vontade. Primeiro: *um cientista tem que ter uma mente cosmopolita, pois não pode esperar jamais que autoridades*

ignorantes apreciem o valor do seu trabalho.

Cleide: Gostei!

Alexandre: Eu também!

Tycho: Pois é, e passei a procurar um local de trabalho baseado em uma idéia central: *minha pátria é onde eu me sintam bem e tenha um céu por cima para ser observado.* E lá fui eu pela Europa com os meus troços embaixo do braço.

Alexandre: Mas você ainda tentou voltar à Dinamarca, não foi? Tentou fazer as pazes com o Cristiano IV, não é verdade?

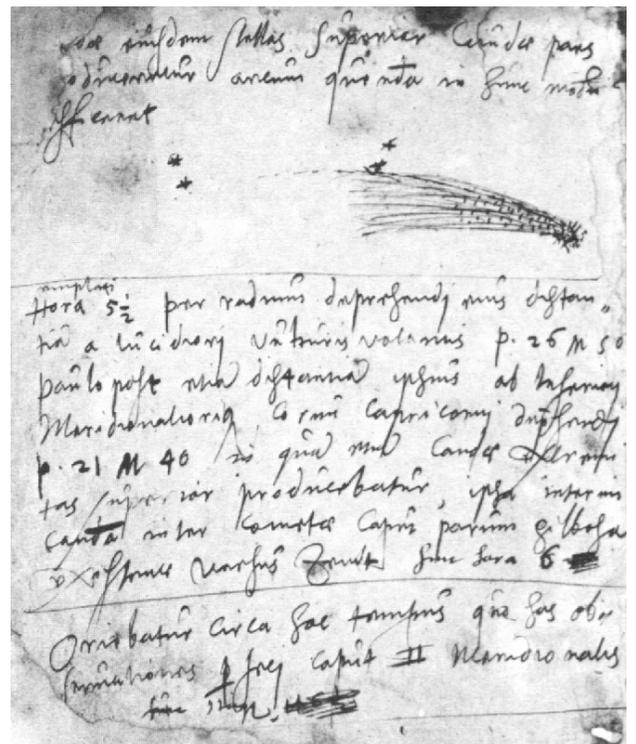
Tycho: É, mas não deu mais mesmo. Eu exigi o que merecia e o Cristiano mandou eu esquecer. Miserável!

Osmar: E onde você foi parar?

Tycho: Bem, eu perambulei um pouco, porque sempre fui muito exigente.

Marcelio: Alguma Universidade ofereceu-lhe algum cargo?

Tycho: Várias, mas não era o que eu queria. Já em 1577, no ano do cometa, fui indicado para ser Reitor da Universidade de Copenhague. Pensaram que aquilo seria uma honra para mim; led engano. O que eu queria era me concentrar nos meus afazeres intelectuais e mundanos. Recusei o convite e acho que muitos se espantaram com



Anotações de Tycho sobre o cometa de 1577.

isso. Pois bem, vinte anos depois, após sair da Dinamarca, em 1597, perambulei pela Europa com a minha família e os meus instrumentos.

Rogério: Que idade você tinha?

Tycho: Tinha 51 anos, já era um velho.

Rogério: Qual é, você ainda era jovem.

Tycho: Eu já era meio gasto; muitas noites sem dormir, a vida inteira olhando para os céus ou para coisas ainda mais bonitas, você sabe, e bebendo, bebendo muito.

Osmar: Puxa, você não era lá um exemplo de vida para os nossos jovens. Acho que você, Rogério, não deveria falar desse cara nas suas aulas de Física.

Tycho: Meu amigo, a ciência sempre foi construída por homens normais, com virtudes e com defeitos, como eu. Essa coisa de ficar enfeitando só complica, falseia a história. Se quiser contar histórias da carochinha continue dizendo que o Kepler, aquele chato, era como um filho para mim, e que eu deixei os meus escritos para ele e ele continuou o meu trabalho. Agora, que isso é conversa fiada, é!

Osmar: Puxa, como você é chato cara!

Marcílio: Eu também estou achando. Segura ele que eu meto a mão.

Tycho: Não é questão de ser ou não ser chato. A questão é saber se vocês querem ainda contar a história, mesmo que ela contenha detalhes que não lhes pareçam convenientes. Porque, geralmente, o que se conta são mitos e não história.

Jafelice: Você quer dizer a história dos vencedores.

Tycho: Isso! Eu só sou convidado a entrar na história nos livros didáticos se me encaixar em uma linha de continuidade da história dos que venceram. Mas, mesmo levando em conta meus pontos de vistas vencidos, eles ainda assim são fundamentais para você entender porque o trabalho do Galileu, após a minha morte, foi tão necessário para a aceitação das idéias de Copérnico. Sem compreender o meu pensamento, fica um certo hiato nesse relato todo. As pessoas não se dão conta de que inicialmente as idéias de Copérnico pareciam coisas de doido. E tem mais o impulso monumental que eu dei à

Astronomia. O Jafelice e o Ciclamio, que trabalham com isso, sabem que a moderna Astronomia é construída em um jogo entre observações quantitativas e teorias que possam ser testadas e que tentem explicar aquelas observações segundo algum raciocínio matemático. Pois bem, essa atitude observacional rigorosa começa comigo. Agora, não dá para querer que eu raciocinasse interpretando a realidade observada com a Física do Galileu e do Newton se eles apenas nasceram depois que eu morri. Sacou?

Osmar: É, acho que percebi onde você quer chegar. Vou conversar com o Rogério de novo a seu respeito.

Marcílio: No fundo, acho que você está certo. Peço desculpa por ter perdido a paciência momentos atrás.

Ciclamio: Dá para concluir a sua história?

Tycho: Pois é, eu sai pela Europa, já meio gasto, isso em 1597, com minha família e os meus instrumentos. Passei por várias cidades alemãs, dentre elas Wandsbeck, perto de Hamburgo. Lá tive uma idéia brilhante: dedicar o meu novo livro ao Imperador Rodolfo II. Autoridades adoram esse tipo de homenagem.

Marcelo: Até hoje, companheiro. Aqui no Brasil, nós chamamos isso de bajulação.

Tycho: Pois é, no fundo as autoridades se sabem insignificantes e com um pouquinho de jeito, fingindo que eles são pessoas admiráveis, a gente consegue chegar lá.

Marcílio: Já não estou gostando desse cara, de novo. Puxa saco!

Rogério: Oh, Marcílio, deixa o Tycho terminar a história dele.

Tycho: Pois bem, foi em Wandsbeck que eu escrevi o livro sobre os meus famosos instrumentos. Chamava-se: *Instrumentos para a Astronomia Restaurada*. Aquela dedicatória surtiu efeito e ano seguinte de 1599 o Imperador Rodolfo II convidou-me para estabelecer-me em Praga como Matemático Imperial. Ofereceu-me um salário anual de 3000 florins e um castelo da minha escolha. Aceitei na hora e mudei-me para Praga.

Osmar: Quer dizer então que você foi ser professor de Matemática, no fim da vida, mesmo contra a sua vontade?

Tá vendo? Teve que dobrar a sua língua.

Tycho: Que nada, eu não fui dar aula nenhuma!

Marcílio: E era matemático de que? Fazia contas para que, só para arrumar o seu modelo astronômico?

Tycho: Bem, eu gastava o meu tempo, essencialmente, com três coisas: fazer os horóscopos que o Imperador esperava, tentar ajustar o meu modelo cosmológico às observações coletadas e beber.

Marcelo: Isso, companheiro, água faz mal à saúde, enferruja o organismo.

Rogério: Mas qual era a sua preocupação com o seu modelo?

Tycho: Eu tentava a todo custo fazer cálculos que ajustassem as minhas observações ao meu modelo cosmológico, pois àquela altura já tinha um calhamaço de anotações compiladas. Mas havia problemas, principalmente com os dados da órbita de Marte. Eles não se encaixavam direito e eu tinha certeza de que as observações estavam corretas. O Longomontanus, que era um grande matemático e havia ido comigo para Praga, vinha trabalhando há muito naquilo, sem obter sucesso. Tentei, em desespero, retomar minhas observações, corrigir possíveis falhas, pois já não sabia mais o que fazer, mas eu já havia perdido minha energia, já não era mais o mesmo dos tempos de Uraniborg. Foi então que decidi, com o apoio do Imperador, contratar novos auxiliares. Ao Longomontanus vieram juntar-se novos e talentosos astrônomos: David Fabricius, Johannes Muel-ler, Melchior Joestelius e o Kepler.

Rogério: Quer dizer que o Kepler chegou, assim, no final da festa?

Tycho: Isso! Mas ele era muito talentoso, apesar de ser teimoso como uma mula e muito chato. Eu dei para ele o problema da órbita de Marte, pois ele me parecia incansável, dedicando-se de corpo e alma a tentar resolver o problema com o qual estivesse envolvido. Ele de início tinha umas idéias interessantes, mas que me pareciam meio loucas; aquilo de acreditar que as órbitas dos planetas se encaixavam segundo esferas dentro dos sólidos platônicos. Ele era bem mais pitagórico do eu, acreditava também naquela história do fogo central do Filolau e coisas assim. Se bem que para fazer justiça,



Busto de Tycho.

àquela altura ele já era um copernicano. Eu esperava que ele tomasse os meus dados e ajustasse os mesmos ao meu modelo e não àquela sua antiga maluquice de esferas centradas em sólidos platônicos ou ao modelo copernicano, mas não vivi o suficiente para ver os resultados. Eu tinha muito receio que com a minha morte ele usasse os meus dados para detratar o meu modelo e para tentar provar algumas daquelas suas loucuras. Por isso, eu jamais teria deixado meus dados para ele. Sem mim por perto para vigiar o seu trabalho, Deus sabe o que aquele maluco genial faria. Depois da minha morte, todos sabem, ele virou tudo pelo avesso. Pe-

gou os meus dados, mas os meus dados pegaram ele.

Cleide: Como assim? Como os seus dados pegaram ele?

Tycho: Ele não cumpriu o nosso acordo. Como falei, só mostrei a ele os meus dados com o compromisso de que trabalhasse no meu modelo cosmológico. Mas ele, quando eu morri, tentou desenvolver o dele a partir dos meus dados, mas quebrou a cara. Foi aí que os meus dados pegaram ele. Ele àquela altura já era mesmo um copernicano convicto e usou os meus dados para tentar validar o modelo de Copérnico, mas a maldição da órbita de Marte também o perseguiu. Passou muitos anos atormentado até chegar na tal idéia da elipse. Eu não digo, como os livros didáticos que vocês costumam usar, que ele descobriu as suas leis a partir dos meus dados, mas apenas que fazendo justiça à precisão das minhas medidas, foi forçado a abandonar as órbitas circulares copernicanas, assim como já havia abandonado antes o seu modelo de sólidos platônicos e também o meu querido modelo.

Rogério: Mas não foi melhor assim? Sem os seus dados não haveria as leis de Kepler.

Tycho: É, pode ser que sim! Vendo nessa sua perspectiva histórica dá até para aceitar. Mas eu não vivi pra ver isso. No fundo, não era isso que eu queria que ele fizesse.

Rogério: E aí, como é que você morreu?

Tycho: Morri em Praga no dia 24 de outubro de 1601, como, não sei ao certo. Sempre pensei que soubesse.

Marcelo: Como assim?

Tycho: Tenho certeza de que morri

após uma tremenda bebedeira. Foi um porre daqueles.

Marcelo: Iguazinho ao Rei Frederico II, seu antigo protetor.

Tycho: Isso! Só que a coisa foi um pouco diferente. As versões oficiais contam que eu bebi muito e fiquei envergonhado de sair para urinar, na presença dos nobres, e continuei bebendo. Aquilo teria me causado uma ruptura da bexiga e uma infecção urinária que me levou à morte.

Rogério: E por que você diz que não sabe mais como morreu?

Tycho: Porque recentemente uns pesquisadores analisando fios do meu cabelo detectaram traços de chumbo e concluíram que eu poderia ter sido envenenado, quem sabe pelo chumbo misturado nesse grude que usava no nariz.

Alexandre: E você, pessoalmente, o que acha disso?

Tycho: Eu, é... Toss, toss, toss, toss!. Que horas são, gente? Toss, toss! Já terminou o jogo do Fluminense? Vou ao banheiro.

Marcelo: Sujou! O Fernando voltou a si logo agora. Vamos ficar sem saber como é que o Tycho morreu.

Rogério: Mas valeu a visita e o papo, aprendi muitas coisas sobre ele que acho que dão para encaixar na sala de aula.

Marcelo: Sei não bicho, acho melhor a gente conversar é com o Kepler e escutar a versão dele.

Jafelice: Está combinado. Assim que o nosso grupo *umas e outras* voltar a se reunir, vamos encher a cara do Pai Fernando de Niterói e conversar com o Kepler.

Risos!!!!

Referências Bibliográficas

1. Dreyer, J. *Tycho Brahe: A Picture of Scientific Life and Work in the Sixteenth Century* (Edinburgh: Adam & Charles Black, 1890; 2d ed. New York: Dover, 1963).

2. Thoren, V. *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe* Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Leia Mais

Ashbrook, J. (1963). "Tycho Brahe's Nose" *Sky and Telescope*, v. 29, n. 6, p. 353, 358, 1965.

Blair, A. "Tycho Brahe's Critique of Copernicus and the Copernican System" *Journal for the History of Ideas*, v. 51, p. 355-77, 1990.

Christianson, J. "The Celestial Palace of Tycho Brahe" *Scientific American*, v. 204, n. 2, p. 118-128, 1961.

Forinash, K. & Rumsey, W. A First Course in the History and Philosophy of Science. *European Journal of Physics*, v. 21, p. 427-433, 2000.

Hellman, C. "Tycho Brahe" in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie, ed., v. 2, p. 401-416. New York: Charles Scribner's Sons, 1970.

Hellman, C. "Was Tycho Brahe as Influential as He Thought?" *British Journal for the History of Science*, v. 1, p. 295-324, 1963.

Humberd, C. "Tycho Brahe's Island" *Popular Astronomy*, v. 45, p. 118-125, 1937.

Koestler, A. *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*. New York: Grosset & Dunlap, Universal Library, 1963. Este livro foi publicado em português com o título *O Homem e o Universo*, pela Ibrasa, em 1989.

Rogers, E. *Physics for the Inquiring Mind*. Princeton: Princeton University Press, 1960.

Thoren, V. *Tycho Brahe*, in *The General History of Astronomy*, v. 2A, eds. R. Taton and C. Wilson, Cambridge University Press, p. 3-21, 1989.

Thoren, V. *Tycho Brahe*, in *The General History of Astronomy*, v. 2A, eds. R. Taton and C. Wilson, Cambridge University Press, p. 3-21, 1989.

Thoren, V. *Tycho Brahe*, in *The General History of Astronomy*, v. 2A, eds. R. Taton and C. Wilson, Cambridge University Press, p. 3-21, 1989.