



MAÍRA DUARTE PASSOS

**INVESTIGANDO OS DILEMAS PRÁTICOS DE UMA
PROFESSORA-PESQUISADORA:
A TERRA ORBITA EM TORNO DO SOL OU O SOL ORBITA EM
TORNO DA TERRA?**

LAVRAS – MG

2024

MAÍRA DUARTE PASSOS

**INVESTIGANDO OS DILEMAS PRÁTICOS DE UMA
PROFESSORA-PESQUISADORA:
A TERRA ORBITA EM TORNO DO SOL OU O SOL ORBITA EM TORNO DA TERRA?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Jefferson Adriano Neves
Orientador

**LAVRAS – MG
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Passos, Máira Duarte

Investigando os Dilemas práticos de uma Professora-Pesquisadora : A Terra Orbita em torno do Sol ou o Sol Orbita em torno da Terra? / Máira Duarte Passos. – Lavras : UFLA, 2024.

130 p. : il.

Dissertação (mestrado profissional)–Universidade Federal de Lavras, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Adriano Neves.

Bibliografia.

1. Professora-Pesquisadora. 2. Dilemas. 3. Revolução Copernicana. I. Neves, Jefferson Adriano II. Título.

MAÍRA DUARTE PASSOS

**INVESTIGANDO OS DILEMAS PRÁTICOS DE UMA
PROFESSORA-PESQUISADORA: A TERRA ORBITA EM TORNO DO SOL OU O SOL
ORBITA EM TORNO DA TERRA?
INVESTIGATING THE PRACTICAL DILEMMAS OF A TEACHER-RESEARCHER:
DOES THE EARTH ORBIT THE SUN OR DOES THE SUN ORBIT THE EARTH?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24/04/2024.

Profa. Dra. Helena Libardi UFLA
Prof. Dr. Wagner Franklin Balthazar IFRJ

Prof. Dr. Jefferson Adriano Neves
Orientador

**LAVRAS – MG
2024**

Para a vida e para aqueles que a tornam significativa...

AGRADECIMENTOS

Durante essa jornada, estive cercada por pessoas que me ofereceram apoio para alcançar esta conquista. A cada dificuldade que enfrentei, foram duas vezes mais incentivos que recebi, o que não me deixou regredir. Quero expressar minha profunda gratidão à minha mãe, que não apenas me apoiou ao longo desses dois anos, mas foi minha maior incentivadora na minha jornada acadêmica. Ela é a profissional que mais admiro, e é nela que me espelho. Sem você, nada disso seria possível. Agradeço também ao meu pai, que além de todo o incentivo, é meu refúgio de paz e tranquilidade, me dando forças nos momentos mais difíceis. Quero agradecer a toda minha família, minha vó, meus tios e primos, composta por diversos educadores que me inspiraram e guiaram nessa jornada no ensino. Aos meus amigos, Duda, Roberta, Letícia, Evellyn, Karina, Júlia, Maria Clara e Amanda, agradeço por serem meu maior apoio emocional, mostrando-me constantemente minha capacidade e força. Agradeço por caminharmos juntas, apoiando umas as outras nas escolhas que fizemos. Sem vocês, essa jornada não teria sido tão significativa. Ao meu companheiro, Gabriel, agradeço por esses dois anos intensos, por me aguentar em momentos de fraqueza e por me dar forças, mesmo à distância. Agradeço por nossas conversas, que serviram como grande motivação para o tema que abordei em minha pesquisa. E, por último, mas não menos importante, quero expressar minha gratidão ao meu orientador, Jefferson Neves, pela cumplicidade, parceria e paciência ao longo do nosso projeto. À minha professora, Helena Libardi, que além de ótima profissional, continua sendo meu porto seguro emocionalmente dentro da universidade. Admiro profundamente vocês como profissionais e como pessoas, e me sinto muito grata pela amizade que construímos ao longo desse tempo.

Por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que estiveram ao meu lado durante essa jornada. Cada palavra de incentivo, gesto de apoio e demonstração de carinho foram fundamentais para que eu alcançasse este marco em minha vida acadêmica. Agradeço do fundo do coração à minha família, aos meus amigos, ao meu amor, aos meus orientadores, à Universidade Federal de Lavras e a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Sei que esta conquista é apenas o início de uma jornada ainda maior, e estou imensamente grata por poder contar com o apoio e o carinho de vocês em cada passo que darei daqui para frente. Obrigada por fazerem parte da minha história e por tornarem este momento ainda mais especial.

RESUMO

Embora a Revolução Copernicana tenha redefinido a percepção humana do Universo, o ensino sobre esse evento histórico e suas implicações científicas ainda apresenta desafios no contexto educacional atual. Nesse cenário, surge a pesquisa, que busca analisar como o ensino da Revolução Copernicana pode contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica em alunos do primeiro ano do ensino médio. Assim, objetiva-se analisar, na perspectiva da professora-pesquisadora, o desenvolvimento de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA) sobre a Revolução Copernicana e sua contribuição para a alfabetização científica dos alunos. A pesquisa é de natureza qualitativa, fundamentada em um estudo de caso, cujo contexto educacional foi documentado por gravações de áudio, registros dos materiais produzidos pelos estudantes e um diário de campo. A análise dos dados foi realizada por meio da análise temática e do Método de Análise de Conteúdo de Bardin. A pesquisa identificou dilemas práticos na implementação da SEA, como a dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstratos e a necessidade de diversificar as estratégias de ensino. Observou-se também que o ensino da Revolução Copernicana contribuiu para o desenvolvimento da alfabetização científica dos alunos, evidenciado pelo uso mais preciso de termos e conceitos científicos e pela capacidade de formular explicações. A pesquisa demonstrou o potencial do ensino da Revolução Copernicana para a alfabetização científica dos alunos do ensino médio. A SEA desenvolvida foi aprimorada com base nos resultados da pesquisa, e um produto educacional foi criado para auxiliar outros professores na abordagem desse tema.

Palavras-chave: astronomia; alfabetização científica; sequência de ensino e aprendizagem; ensino de física.

ABSTRACT

Although the Copernican Revolution redefined the human perception of the universe, teaching about this historical event and its scientific implications still presents challenges in the current educational context. In this scenario, a research study emerges, aiming to analyze how teaching the Copernican Revolution can contribute to the development of Scientific Literacy among first-year high school students. Thus, it objectively analyzes, from the perspective of the teacher-researcher, the development of a teaching and learning sequence (TLS) about the Copernican Revolution and its contribution to the students' Scientific Literacy. This qualitative research is based on a case study, where the educational context was documented through audio recordings, student-produced materials, and a field diary. Data analysis was conducted using thematic analysis and Bardin's Content Analysis Method. The research highlighted practical dilemmas in implementing the TLS, such as students' difficulty in understanding abstract concepts and the need to diversify teaching strategies. It was also observed that teaching the Copernican Revolution contributed to the development of students' Scientific Literacy, evidenced by more precise use of scientific terms and concepts and the ability to formulate explanations. The research demonstrated the potential of teaching the Copernican Revolution for high school students' Scientific Literacy. The developed TLS was improved based on the research results, and an educational product was created to assist other teachers in addressing this topic.

Keywords: astronomy; scientific; literacy; teaching and learning sequence; physics education.

IMPACTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

Este trabalho aborda o ensino de conceitos astronômicos fundamentais em um contexto educacional do ensino médio e analisa os impactos dessa prática em diversas dimensões. (falar sobre as dimensões) O objetivo central é investigar como a mudança de perspectiva sobre os modelos heliocêntrico e geocêntrico pode influenciar a compreensão dos alunos sobre o movimento dos corpos celestes e como isso pode ser aplicado para melhorar o ensino de ciências nas escolas. Possui impacto educacional ao esclarecer conceitos científicos básicos, e contribui para uma educação de qualidade (ODS 4), incentivando um pensamento crítico e científico entre os estudantes. O trabalho envolve a participação ativa de alunos e professores, com impacto direto em cerca de 150 estudantes em uma escola pública na região de Lavras, Minas Gerais. Os impactos sociais podem ser evidenciados na forma de maior engajamento e interesse dos estudantes pela ciência, contribuindo para a formação de uma sociedade mais informada e crítica. O trabalho introduz ferramentas e métodos de ensino, como narrativas e questões de investigação e reflexão, que facilitam a visualização de fenômenos complexos. Culturalmente, promove uma valorização do conhecimento científico e a desmistificação de conceitos errôneos sobre o universo, incentivando a curiosidade e a busca por conhecimento. O território impactado abrange um bairro da cidade de Lavras e comunidades vizinhas, com potencial para ser expandido para outras regiões do estado. O público diretamente beneficiado inclui alunos do ensino médio, além de professores que recebem novos recursos didáticos. Este projeto se insere na área temática da Educação e está alinhado com o ODS 4 (Educação de Qualidade).

SOCIAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND CULTURAL IMPACTS

This work addresses the teaching of fundamental astronomical concepts in a high school educational context and analyzes the impacts of this practice in various dimensions. The main objective is to investigate how changing perspectives on the heliocentric and geocentric models can influence students' understanding of the motion of celestial bodies and how this can be applied to improve science education in schools. It has an educational impact by clarifying basic scientific concepts and contributes to quality education (SDG 4), encouraging critical and scientific thinking among students. The work involves the active participation of students and teachers, directly impacting about 150 students in a public school in the Lavras region, Minas Gerais. The social impacts can be evidenced in the form of greater engagement and interest of students in science, contributing to the formation of a more informed and critical society. The

work introduces teaching tools and methods, such as narratives and investigative and reflective questions, which facilitate the visualization of complex phenomena. Culturally, it promotes an appreciation of scientific knowledge and the demystification of erroneous concepts about the universe, encouraging curiosity and the pursuit of knowledge. The impacted territory encompasses a neighborhood in the city of Lavras and neighboring communities, with the potential to be expanded to other regions of the state. The directly benefited public includes high school students, as well as teachers who receive new didactic resources. This project falls within the thematic area of Education and is aligned with SDG 4 (Quality Education).

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Losango Didático	35
Figura 5.1 – Resposta do Aluno 23.	67
Figura 1 – Modelo Excêntrico de Ptolomeu	88
Figura 2 – Modelo astronômico de Tycho Brahe	97
Figura 3 – As três leis de Kepler	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo dos valores estimados por Copérnico com os valores atuais . .	92
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Alfabetização Científica	17
2.2	Revolução Copernicana	21
2.3	Natureza das Ciências, Revolução Copernicana e o Ensino de Ciências	24
2.4	Professor como pesquisador da sua prática.	29
3	CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM	32
3.1	A Construção da Narrativa	32
3.2	Planejamento da Sequência de Ensino e Aprendizagem	35
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4.1	Contexto educacional da pesquisa	43
4.2	Construção da análise dos dados	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	Diário de Aula	48
5.2	Análise do material escrito	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	82
	APENDICE A – Revolução Copernicana	86
	APENDICE B – Narrativa	106

1 INTRODUÇÃO

A astronomia é um campo que fascina a humanidade há séculos, estimulando nossa imaginação e conduzindo-nos a reflexões que beiram a ficção. A necessidade de desvendar os mistérios do Universo tem impulsionado o desenvolvimento humano e transformado nossa sociedade. Essas ideias permeiam o tema do meu trabalho, refletindo as influências que moldaram minha vida ao longo dos anos. Desde a infância, a astronomia tem sido uma fonte constante de curiosidade e admiração para mim. À medida que amadureci, essa curiosidade se transformou em uma paixão e em um profundo interesse em compreender não apenas as descobertas científicas, mas também os processos pelos quais essas descobertas são alcançadas e comunicadas.

Ao observar de perto o modo como as discussões astronômicas são conduzidas, percebi uma tendência preocupante: muitas vezes, as constatações são apresentadas como verdades inquestionáveis, sem espaço para uma exploração mais ampla das diversas perspectivas e dos múltiplos caminhos que a ciência já percorreu. Essa falta de debate e questionamento me motivou a investigar como essas questões eram abordadas em sala de aula com o intuito de buscar uma compreensão mais completa do vasto campo da astronomia.

Essa busca por conhecimento é especialmente relevante à luz dos avanços tecnológicos no século XXI, que revolucionaram nossa compreensão do universo. Com a construção de telescópios mais poderosos e instrumentos de detecção mais precisos, testemunhamos uma explosão de descobertas astronômicas. Apesar disso, ainda existem inúmeras questões sem respostas e novos desafios emergem constantemente. Ao estudar a construção do conhecimento científico, especialmente por meio de revoluções, observamos que fatores como o contexto sócio-histórico e os instrumentos de medição influenciam os modelos teóricos propostos. A aceitação da Teoria Heliocêntrica, que posiciona o Sol como o centro do Sistema Solar, foi um marco nesse processo, substituindo a antiga visão geocêntrica que colocava a Terra no centro do universo.

Incorporar a Revolução Copernicana no currículo do Ensino Médio pode alinhar a interação dos alunos com o conteúdo e o professor aos eixos da alfabetização científica, conforme proposto por Sasseron (2018). Isso possibilita o desenvolvimento de habilidades que vão desde a compreensão de conceitos científicos fundamentais até a reflexão sobre as implicações sociais e éticas da ciência.

A educação em astronomia, devido à sua natureza interdisciplinar, pode ser motivadora e enriquecer a compreensão dos alunos sobre conceitos de outras áreas da ciência (Langhi; Nardi, 2005). Além disso, a abordagem de episódios históricos da astronomia ajuda os estudantes a entenderem a evolução da ciência e as mudanças de paradigmas ao longo do tempo.

Diante disso, este estudo visa responder à seguinte questão de pesquisa: Aulas que problematizam a Revolução Copernicana favorecem quais indícios de alfabetização científica? Portanto, o objetivo é analisar, na perspectiva da professora-pesquisadora, o desenvolvimento de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA) na construção de conhecimentos de estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre a Revolução Copernicana.

Buscamos compreender o desenvolvimento de uma SEA que aborda episódios históricos relacionados à Revolução Copernicana, visando promover a alfabetização científica. A SEA parte da questão principal "a Terra orbita em torno do Sol ou o Sol orbita a Terra?", escolhida devido à sua recorrência em conversas tanto no meu meio social quanto profissional. Sempre notei uma lacuna, especialmente no ensino, em que as pessoas, incluindo os alunos, não se aprofundavam nesses temas, apenas reproduzindo discursos sem realmente investigar ou refletir criticamente sobre eles. Essa observação me levou a considerar como poderia ser enriquecedor abordar a astronomia não apenas como um conjunto de fatos a serem memorizados, mas sim como um processo dinâmico de construção do conhecimento humano, repleto de questionamentos, descobertas e revoluções conceituais. Essa análise será conduzida na perspectiva da professora-pesquisadora, com foco nos diários de aula, buscando retratar sua experiência e percepção durante a sequência de ensino e aprendizagem.

Assim, a partir dos estudos de Sasseron (2018), compreendendo que a alfabetização científica transcende a mera aprendizagem de conceitos, englobando uma compreensão crítica da natureza da ciência e a habilidade de questionar, avaliar e comparar diferentes perspectivas científicas, este estudo busca investigar como a problematização do evento durante as aulas influenciou no desenvolvimento das habilidades e na compreensão dos alunos sobre os conceitos fundamentais da astronomia e as implicações sociais da ciência. Para isso, realizamos uma análise sob a perspectiva da professora-pesquisadora, utilizando diários de aula para registrar sua experiência e percepção durante a sequência de ensino, além de utilizar as respostas dos alunos obtidas durante a pesquisa, a fim de explorar a construção de conhecimento desses estudantes. Ao abordar a alfabetização científica e a Revolução Copernicana, o estudo também discute o papel do professor-pesquisador, adotando abordagens histórico-investigativas e o mo-

delo "Losango Didático" para a construção da sequência de ensino, bem como a narrativa em si.

A estrutura do trabalho é dividida em 6 capítulos, sendo o Capítulo 2 a Fundamentação teórica, no qual aprofundaremos em conceitos como a alfabetização científica, Revolução Copernicana e o ensino de astronomia, e o papel do professor pesquisador da própria prática. Discutiremos, no Capítulo 3, a construção da SEA, utilizando a abordagem Histórico-Investigativa e o modelo "Losango Didático". Nos capítulos de Procedimentos Metodológicos e Resultados e Discussões, detalharemos, respectivamente, as intervenções e os instrumentos de coleta de dados, e o diário de aula e um breve olhar para os eixos de AC. Por fim, disponibilizaremos apêndices com a narrativa e os textos de apoio que compõem o produto da pesquisa, oferecendo uma visão mais aprofundada do estudo e facilitando o acesso aos recursos utilizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo exploramos os estudos que fundamentam nossa dissertação, organizados em quatro seções distintas. Começamos com a primeira seção, "Alfabetização científica", na qual discutimos o conceito e seus eixos e enfatizamos o papel da astronomia nesse processo. Em seguida, na segunda seção, abordamos a Revolução Copernicana, destacando as evidências que apoiam o modelo heliocêntrico sobre o geocentrismo. Posteriormente, na terceira seção, sobre astronomia em Sala de Aula, examinamos de que maneiras a astronomia pode ser explorada, utilizando a história da filosofia da ciência para entender a natureza da ciência e suas implicações na compreensão do cosmos. Por fim, na última seção refletimos sobre o papel do professor como pesquisador de sua prática, com o intuito de promover uma abordagem reflexiva e investigativa no ensino da astronomia.

2.1 Alfabetização Científica

Para contextualizar o conceito de alfabetização científica (AC), acreditamos que seja relevante discutir o conceito de Alfabetização, conforme proposto por Sasseron e Carvalho (2011). Concordamos com as autoras ao considerar a ideia de alfabetização, como concebida por Paulo Freire ((Sasseron; Carvalho, 2011)), que vai além do simples domínio psicológico e mecânico das técnicas de ler e escrever. Para Freire ((Sasseron; Carvalho, 2011)), em recorte apresentado pelas autoras, a leitura do mundo precede a leitura da palavra e implica em uma forma de transformá-lo por meio de práticas conscientes. Esse movimento dinâmico é central do processo de alfabetização, pois contribui para a construção de uma consciência crítica do mundo ao seu redor e cultiva a capacidade de organizar o pensamento de maneira lógica, estabelecendo uma conexão entre o mundo da vida pessoal e a palavra escrita. É dessa interconexão que surgem o sentido e a estrutura do conhecimento (Sasseron; Carvalho, 2011; Sasseron; Carvalho, 2008).

A partir dessa discussão, podemos explorar o conceito de AC como uma extensão desse processo (Sasseron; Carvalho, 2011; Sasseron; Carvalho, 2008). Sasseron e Carvalho (2011) utilizam o termo para designar as ideias que objetivam planejar o ensino de forma que os alunos possam interagir com novas culturas, ver o mundo e seus eventos, e se sentir inseridos neles,

podendo modificá-los e também a si próprios por meio de ações que sejam conscientes, consequência da sua interação com o mundo e suas perspectivas acerca de seus saberes e noções de conhecimentos científicos.

Sasseron e Carvalho (2008, p. 335) apresentam que os eixos estruturantes são fundamentais para apoiar a idealização, o planejamento e a análise de propostas de ensino voltadas para a alfabetização científica (AC). O primeiro eixo, "Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais", é essencial para que nossa sociedade possa interpretar informações e situações cotidianas. O segundo eixo, "Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática", destaca a importância da reflexão e análise com base no contexto científico e social. O terceiro eixo, "Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente", reconhece que quase todos os aspectos da vida são influenciados, de alguma forma, pelas ciências e tecnologias. Portanto, é essencial abordar esse último eixo com o objetivo de promover um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta.

Desse modo, a alfabetização científica não se restringe apenas à transmissão de fatos e conceitos científicos, mas visa proporcionar o desenvolvimento de uma visão crítica e reflexiva sobre a ciência e seu papel na sociedade, possibilitando que os alunos compreendam os processos científicos e seus impactos, almejando a formação de cidadãos informados e participativos em uma sociedade cada vez mais baseada no conhecimento científico.

Krasilchik e Marandino (2007) destacam a necessidade de os cidadãos serem capazes de discernir as questões científicas para fazer julgamentos sobre esse conhecimento e seu impacto no mundo. Para as autoras, ao nos referirmos a alfabetização científica, é importante considerar que a nossa cultura também faz parte da ciência. É importante discutir como esses conhecimentos são construídos ao longo dos anos, bem como os avanços e os danos que as tecnologias podem causar.

A diversidade dos alunos e o contexto social em que se encontram propiciam reações e diferentes modos de entendimento acerca dos conceitos apresentados. Cada aluno tem sua própria concepção de mundo, que envolve seus conhecimentos prévios e suas percepções imediatas. Ao considerar essas possíveis reações, é possível deixar um ambiente mais confortável para os estudantes expressarem suas opiniões e seu entendimento sobre os temas estudados. O papel da professora é essencial para não apenas instigar os alunos, mas também proporcionar situações de aprendizagem em que eles participem do processo de construção, comunicação,

avaliação e legitimação do conhecimento. Dessa forma, os alunos são aproximados da perspectiva de fazer ciência, e não apenas da apresentação de fatos e conceitos (Sasseron, 2018).

Sasseron (2018, p. 23) apresenta que:

A Alfabetização Científica revela a preocupação em que a área de conhecimento seja conhecida em suas características; e, pelo reconhecimento de modos de propor soluções, de organizar entendimentos e de avaliar ideias, considera que aprender ciências é também aprender sobre modos de fazer ciências.

Sasseron (2018) pontua que, ao justificar o ensino de ciências, é comum que professores relacionem os conceitos necessários para compreender as tecnologias. Contudo, essas relações por si só não incentivam a construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos, pois apresentam os fenômenos, limitando-os a compreender e explicar conceitos. Assim, ignora-se a possibilidade de envolvê-los na construção desses conceitos. Portanto, é necessário considerar que o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes não deve ficar limitado somente a dimensões conceituais, mas também deve atentar às dimensões sociais, epistêmicas e materiais (Sasseron, 2018).

Ao planejar e desenvolver aulas que visam à alfabetização científica, é fundamental considerar as dimensões conceituais, epistêmicas, sociais e materiais. Na dimensão conceitual temos as relações das teorias e modelos científicos e suas discussões. A dimensão epistêmica está associada à forma como esse conhecimento é construído, possibilitando saber o que se sabe e como se sabe. A dimensão social está relacionada com o contexto de construção de conhecimento científico, ou seja, as normas e práticas daquele grupo e comunidade em que os conhecimentos estão sendo propostos. Por fim, a dimensão material está relacionada com a criação e uso de ferramentas, tecnológicas ou de pensamento, para sustentar e possibilitar o desenvolvimento do trabalho intelectual (Sasseron, 2018).

Embora a dimensão conceitual seja mais evidente em sala de aula, são as dimensões epistêmicas, sociais e materiais que marcam os modos de construção de conhecimento científico. E se a intenção é que os alunos conheçam mais do que apenas as leis, modelos e os conceitos científicos, é essencial que essas dimensões também sejam levadas em consideração no processo de ensino e aprendizagem. Portanto, essas dimensões são importantes ao pensarmos na forma como processos e planejamentos no ensino de ciências podem ser levados na sala de aula (Sasseron, 2018).

Ao considerar essas dimensões, Sasseron (2018) propõe o planejamento de estratégias e ações pedagógicas que afetarão diretamente a forma como os estudantes relacionam os conheci-

mentos, os modos de aprendizagem e os seus valores, proporcionando, assim, uma alfabetização científica.

Sasseron (2018, p. 23) destaca que a alfabetização científica se caracteriza, principalmente, como um processo contínuo que envolve a análise de situações, a proposição de ideias, a avaliação de contextos e ideias e a tomada de decisões. Isso destaca que a Alfabetização Científica é uma forma de interação com o conhecimento que possui características epistemológicas típicas das ciências. Isso reforça, mais uma vez, a importância de que o currículo escolar não se limite apenas aos conceitos, leis, teorias e modelos científicos, mas também inclua os métodos próprios de construção e disseminação do conhecimento científico.

Precisamos pensar em como planejar e desenvolver as aulas em que o ensinar e aprender sobre ciências significa conhecer as dimensões conceituais, sociais, epistêmicas e materiais do conhecimento. Significa fornecer acesso ao corpo de conhecimento que se integra para construir uma compreensão do mundo, dos fenômenos naturais e de seu impacto em nossas vidas. Na alfabetização científica, não basta apenas reconhecer os termos e conceitos científicos, mas também compreender que existem componentes ultrapassados dentro da própria ciência. Esses componentes são importantes para entender como o conhecimento científico se desenvolveu ao longo do tempo. Portanto, a alfabetização científica vai além do aprendizado de conceitos, envolvendo uma compreensão crítica da natureza da ciência e a capacidade de questionar, avaliar e comparar diferentes perspectivas científicas (Sasseron, 2015).

Identificamos que abordar momentos de rupturas científicas, como a Revolução Copernicana, possibilita a criação de propostas de ensino focadas na alfabetização científica. Os alunos podem desenvolver uma compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, como heliocentrismo, geocentrismo e movimento dos planetas. Além disso, a abordagem da Revolução Copernicana permite promover debates relacionados à natureza das ciências, apresentando como as teorias científicas são construídas, testadas e revisadas ao longo do tempo. Os alunos podem aprender sobre os métodos de observação, experimentação e raciocínio lógico que Galileu Galilei e Nicolau Copérnico utilizaram para desafiar as concepções tradicionais do cosmos.

Eles podem refletir sobre como as mudanças na compreensão do cosmos influenciaram não apenas o pensamento científico, mas também as crenças religiosas, políticas e sociais da época. Além disso, podem discutir como essas evidências científicas impactaram a forma como os seres humanos interagem com o mundo natural e o universo ao seu redor.

Na próxima seção exploraremos os argumentos que culminaram na transição de um modelo cosmológico para outro. Abordaremos as evidências e objeções que marcaram o contexto histórico da Revolução Copernicana e discutiremos sua relevância para a astronomia e para o desenvolvimento da ciência como um todo.

2.2 Revolução Copernicana

As teorias científicas são produtos de um trabalho rigoroso e contínuo, que envolve coleta de dados, experimentos, análises e revisões por pares. É um processo complexo e sujeito a incertezas e interpretações diferentes. Nesse sentido, as publicações científicas não devem ser consideradas como verdades absolutas e definitivas. Elas representam um ponto no contínuo avanço do conhecimento científico, sujeito a mudanças à medida que novas evidências são encontradas e novos paradigmas são estabelecidos.

O conceito de paradigma, proposto por Kuhn (1978), ajuda-nos a entender essa dinâmica. Os paradigmas são estruturas que moldam a forma como os cientistas veem e interpretam o mundo. À medida que surgem novos paradigmas, antigos modelos e teorias podem ser questionados e substituídos por outros mais abrangentes e precisos. Cada paradigma é caracterizado por um conjunto de pressupostos, teorias, métodos e padrões de investigação.

Com isso, é importante adotar uma perspectiva crítica e compreender que a ciência é um processo em constante transformação. As constatações atuais podem ser superadas no futuro por novas evidências e teorias mais abrangentes. É essencial reconhecer as limitações e incertezas inerentes à ciência e evitar a tendência de considerar qualquer constatação como uma verdade absoluta e final.

Portanto, Kuhn (1978) destaca a importância dos paradigmas científicos na compreensão dos fenômenos e ressalta como diferentes interpretações podem surgir devido a contextos e questões científicas distintas. Isso demonstra a influência das estruturas de pensamento e dos modelos teóricos na evolução do conhecimento científico ao longo da história.

Uma das características dos paradigmas é que eles fornecem uma estrutura sólida e coerente para a compreensão de determinado campo de estudo. Essa estrutura é baseada em pressupostos que são aceitos como verdadeiros sem a necessidade de constante explicação ou questionamento. Esses pressupostos se tornam a base para o desenvolvimento de teorias, mé-

todos e modelos dentro desse paradigma, e podem passar a impressão de serem irrefutáveis (Kuhn, 1978).

Uma maneira de enfatizar como esse conhecimento depende de variáveis, como contexto histórico, influência social e religiosa, e principalmente condições de observação e experimentação, é estudar como ocorreu a construção e a quebra de paradigmas, assim como a substituição de teorias científicas à medida que o conhecimento científico se desenvolve.

Antes da Revolução Copernicana, o paradigma dominante era o modelo geocêntrico, defendido principalmente por Aristóteles e Ptolomeu, que colocava a Terra como o centro do Universo e considerava os corpos celestes girando ao seu redor. No entanto, com a apresentação do modelo heliocêntrico por Copérnico, que propunha que a Terra e os outros planetas giravam em torno do Sol, ocorreu uma ruptura significativa nesse paradigma estabelecido. Neste momento, focaremos nas hipóteses que desafiaram o sistema predominante da época, desencadeando uma verdadeira revolução científica. No âmbito deste estudo, exploraremos as conjecturas que confrontaram as premissas estabelecidas, sinalizando para uma mudança radical no entendimento cosmológico. Destacaremos a compreensão das ideias que se contrapuseram ao paradigma geocêntrico dominante, antecipando uma discussão mais ampla sobre o contexto histórico que apresentamos no Apêndice A.

Abaixo estão listadas as hipóteses assumidas por Copérnico em seu sistema, conforme apresentadas por Holton, Rutherford e Watson (1980, p. 36):

1. Não há um centro geométrico preciso para todas as esferas celestes.
2. O centro da Terra não é o centro do universo, mas apenas o centro da gravidade e da esfera lunar.
3. Todas as esferas se movem ao redor do Sol, o que coloca o Sol em uma posição central no universo.
4. A distância entre a Terra e o Sol é extremamente pequena em comparação com a distância das estrelas.
5. Qualquer movimento aparente no céu não tem origem no movimento das esferas celestes, mas sim no movimento da Terra. A Terra, juntamente com a água e o ar que a compõem, realiza uma rotação completa em torno de seus pólos fixos a cada dia, enquanto o céu permanece imutável.
6. O movimento aparente dos planetas em sentido retrógrado não surge de seus próprios movimentos, mas do movimento da Terra. Os movimentos da Terra, por si só, são suficientes para explicar uma variedade de movimentos aparentes observados no céu.

Copérnico, em seu sistema, propôs o Sol como o centro do nosso sistema, com os planetas, incluindo a Terra, movendo-se ao seu redor, iniciando o abandono do geocentrismo. Essa abordagem introduziu uma nova perspectiva de mundo, conhecida como modelo heliocêntrico, na

qual a Terra e a humanidade deixam de ocupar o centro do Universo. Após a publicação do último manuscrito de Copérnico, sua teoria não teve um impacto imediato na sociedade e no pensamento intelectual, pois entrava em contradição com a tradição cultural e religiosa da época. No entanto, com a entrada em cena de Johannes Kepler e Galileu Galilei, a defesa dos postulados de Copérnico ganhou mais força. Tycho Brahe coletou dados precisos sobre o movimento dos planetas, fundamentais para estudos posteriores. Kepler analisou esses dados e formulou as leis das órbitas elípticas e das áreas e a lei harmônica, revolucionando a compreensão dos movimentos planetários (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

As observações de Galileu com o telescópio confirmaram as teorias de Kepler, demonstrando que os corpos celestes não seguiam movimentos perfeitamente circulares, como se acreditava anteriormente (Holton; Rutherford; Watson, 1980). Assim, o trabalho de Kepler forneceu explicações fundamentais para as observações de Galileu, unindo observação e teoria em uma compreensão mais completa do movimento dos corpos celestes.

O trabalho de Copérnico, Kepler e Galileu desempenhou um papel crucial na história da ciência, culminando na formulação da lei da gravitação universal por Isaac Newton. Essa lei foi uma nova interpretação da terceira lei de Kepler, que descreve a força gravitacional entre dois corpos como sendo proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

O livro "Principia" de Newton unificou as contribuições de Copérnico, Kepler e Galileu, marcando o início da ciência moderna e estabelecendo novas perspectivas sobre o lugar do ser humano no universo. (Holton; Rutherford; Watson, 1980) A força gravitacional observada por Kepler permitiu a Newton desenvolver uma equação precisa para descrever a atração entre corpos celestes, validando as leis de Kepler e fortalecendo a aceitação do modelo heliocêntrico.

A lei da gravitação de Newton e os avanços nos telescópios como instrumentos científicos colaboraram no processo de legitimar a teoria heliocêntrica do Universo. Esses avanços científicos forneceram evidências convincentes de que a estrutura e o movimento do Universo estavam em conformidade com os princípios estabelecidos por Copérnico, Kepler e Galileu, tornando a compreensão heliocêntrica do cosmos amplamente aceita, representando um marco importante na história da astronomia e da ciência.

O reconhecimento dos erros e falsas suposições feitas ao longo do desenvolvimento do modelo heliocêntrico é destacado por Teza (2021), mostrando que essas etapas foram necessárias no processo. Essa compreensão ressalta a importância de questionar constantemente nossas

suposições e de estarmos abertos a novas perspectivas, refletindo sobre como o conhecimento científico é construído.

Além disso, outros estudiosos, como Digges e Giordano Bruno, também contribuíram para expandir o modelo cosmológico proposto por Copérnico, demonstrando que a aceitação gradual do modelo heliocêntrico foi resultado de um trabalho coletivo de vários pensadores ao longo do tempo. Esse movimento coletivo solidificou a visão moderna do Universo e evidencia que uma Revolução Científica não é um processo atribuído apenas a uma única pessoa, mas sim a uma colaboração de diferentes pensadores ao longo do tempo, cada um contribuindo com ideias e argumentos que moldaram a compreensão do mundo (Kuhn, 1978).

2.3 Natureza das Ciências, Revolução Copernicana e o Ensino de Ciências

No contexto da ciência contemporânea, é fundamental reconhecer a importância de estabelecer um diálogo significativo entre o conhecimento científico e os saberes populares e de senso comum (Germano, 2011). Essa abordagem reflete uma mudança de paradigma na maneira como compreendemos e comunicamos a ciência, destacando a necessidade de incorporar perspectivas diversas e holísticas. Nesse contexto, a seção atual propõe uma reflexão sobre a interseção entre a história da ciência e os desenvolvimentos científicos, utilizando a Revolução Copernicana como ponto focal para explorar abordagens em sala de aula que incentivam o diálogo entre o conhecimento científico e os saberes populares e de senso comum. É preciso oferecer estratégias pedagógicas que permitam aos alunos explorarem criticamente a história da Revolução Copernicana, incentivando um entendimento mais reflexivo das diferentes perspectivas envolvidas. Assim, buscamos não apenas compreender o impacto da Revolução Copernicana na ciência e no contexto de sala de aula, mas também explorar como podemos integrar nesses espaços a história e a ciência para promover uma compreensão mais abrangente e reflexiva da natureza do conhecimento científico.

Essa nova abordagem científica compreende a importância e a abrangência da linguagem matemática, mas também reconhece seus limites diante de fenômenos que extrapolam suas fronteiras, reconhecendo a influência do contexto em que está inserida, bem como adota uma postura crítica em relação aos seus próprios dogmas de neutralidade e objetividade. Ela reconhece a existência de interesses políticos, sociais, religiosos e outros que podem afetar a imparcialidade na produção do conhecimento científico. Nesse sentido, a ética e a prudência

são valorizadas como fundamentos de suas pesquisas, buscando aplicar o princípio da precaução e respeitando diferentes perspectivas. Em resumo, essa abordagem científica, consciente dos limites de sua própria racionalidade, é capaz de estabelecer um diálogo construtivo com o senso comum, sem menosprezá-lo ou deixá-lo à margem do processo científico (Germano, 2011).

No ensino de ciências, o conhecimento científico deve ser visto como um processo contínuo e em constante desenvolvimento, sujeito a divergências, interesses éticos, sociais, políticos, econômicos e culturais (Bagdonas; Silva, 2013; Pérez *et al.*, 2001). Reconhecendo que existem temas de ciências que podem facilitar a visão anterior, identificamos que temas da astronomia, como a Revolução Copernicana, podem proporcionar uma abordagem sobre a complexidade do conhecimento científico e sua construção.

Com a História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciência, tem-se o intuito de promover a contextualização social e histórica dos conteúdos científicos, revelando as contradições, disputas e embates que ocorreram durante sua produção e rompendo com visões neutras da ciência. Isso permite que os estudantes compreendam como o conhecimento científico foi construído ao longo do tempo e como se relaciona com questões sociais, políticas e culturais (Vilela *et al.*, 2021). Nesse contexto, ainda é um desafio lidar com a escassez de materiais apropriados para abordar a História e Filosofia da Ciência (HFC) (Vilela *et al.*, 2021).

A natureza da ciência (NdC) é um conceito multifacetado e em constante evolução, envolvendo a história, filosofia e sociologia das ciências, bem como áreas da ciência cognitiva, como a psicologia (Bagdonas; Silva, 2013, p. 214). Moura (2014, p. 32), reconhecendo a complexidade em definir a NdC, refere-se a ela como sendo um conjunto de aspectos relacionados à formação, consolidação e estruturação do conhecimento científico, abrangendo tanto questões internas (como o método científico e a relação entre experimento e teoria) quanto externas (como o impacto de fatores sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de conceitos científicos). Portanto, estudar a natureza da ciência significa entender como o ser humano elabora o conhecimento científico em diferentes contextos e épocas, baseando-se em suas perspectivas filosóficas, ideológicas e metodológicas (Moura, 2014, p. 37).

Desse modo, a natureza da ciência (NdC) se concentra na compreensão dos princípios, processos e características intrínsecas da atividade científica. Ela busca esclarecer como a ciência é conduzida, as metodologias utilizadas, a importância das evidências, a construção de

teorias e modelos, a incerteza e a revisão contínua do conhecimento científico (Carvalho; Nascimento; Silva, 2017).

No entanto, os fatos científicos e os processos envolvidos na construção do conhecimento científico muitas vezes não são facilmente compreensíveis e podem apresentar aspectos ambíguos, contraditórios e complexos. Isso significa que as explicações e interpretações dos estudantes sobre a ciência não são simples e diretas, mas sim carregadas de nuances e desafios (Gução, 2017), porque a natureza da ciência é complexa e intrinsecamente o conhecimento científico está sujeito a revisões e mudanças ao longo do tempo (Gução, 2017).

A compreensão da ciência e do papel da educação científica é um processo que envolve lidar com informações complexas, perspectivas diferentes e até mesmo contradições. Um exemplo pode ser observado na discussão histórica sobre o conceito de movimento e mobilidade terrestre, abordando a contribuição de Galileu e sua defesa do heliocentrismo (Gução, 2017), que revelou um potencial significativo para refletir sobre a relatividade dos movimentos. Ao reconhecer as contradições e ambiguidades nas concepções dos estudantes sobre ciência e o papel da educação científica, é essencial compreender a diversidade de perspectivas dos alunos e promover abordagens pedagógicas que levem em conta essas complexidades, pois são consideradas parte do mundo vivido e refletem a ambiguidade dos fatos relacionados ao ser (Gução, 2017). Contudo, essas ambiguidades e contradições dificilmente são consideradas, tornando o conhecimento prévio dos alunos como um erro, uma visão simplista, que impacta na aprendizagem de temas de astronomia (Bartelmebs, 2012). Reconhecer a relevância das concepções prévias dos alunos e sua influência na construção do conhecimento é fundamental para facilitar uma aprendizagem significativa.

Ao integrar a racionalidade científica com o reconhecimento do papel do senso comum, pode-se enriquecer a experiência educacional, permitindo que os estudantes compreendam não apenas os conceitos científicos, mas também sua relação com o conhecimento do senso comum e as questões filosóficas subjacentes.

Ao explorar esse evento histórico, como a Revolução Copernicana, é possível refletir sobre diversos aspectos da prática científica, tais como a colaboração entre cientistas, a influência de fatores externos no avanço do conhecimento e a natureza dinâmica dos paradigmas científicos (Carvalho; Nascimento; Silva, 2017). Essas reflexões proporcionam uma compreensão mais ampla e reflexiva da ciência, destacando a importância de abordagens educacionais que

utilizam a Revolução Copernicana como uma ferramenta para promover uma aprendizagem mais significativa.

As experiências no ensino de ciências, alinhadas com a metodologia de "fazer ciência" na escola, podem ser conduzidas sem a necessidade de uma abordagem explícita sobre os aspectos da natureza da ciência (Acevedo *et al.*, 2005). No entanto, é importante vivenciar a prática científica na sala de aula por meio de atividades investigativas, experimentação, análise e reflexão dos dados. Nesse contexto, a utilização da história da ciência emerge como uma ferramenta que possibilita uma abordagem implícita desses aspectos fundamentais da natureza da ciência aos estudantes.

Baldow e Silva (2014) revelaram que a abordagem do caso Galileu como prática pedagógica teve um impacto positivo na construção de conhecimentos dos estudantes sobre a história da ciência, proporcionando uma discussão sobre os conhecimentos científicos e rompendo com visões distorcidas da natureza da ciência. Além disso, essa abordagem pedagógica contribuiu para o desenvolvimento de aspectos essenciais relacionados à Revolução Copernicana, promovendo uma formação mais sólida e uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos (Baldow; Silva, 2014).

A elaboração de textos históricos a partir de um recorte da história da ciência permite estabelecer a relação entre a História da Ciência e aspectos da natureza da ciência (NdC) que surgem em episódios históricos (Carvalho; Nascimento; Silva, 2017). No entanto, é necessário adaptar esses textos ao contexto da educação básica, pois muitos textos acadêmicos não são adequados para o público-alvo devido à sua finalidade. Esses textos adaptados são chamados de textos históricos de natureza pedagógica, surgindo como uma ferramenta didática que pode auxiliar os professores na abordagem de temas relacionados à HFC (Carvalho; Nascimento; Silva, 2017).

No contexto da Revolução Copernicana, a questão sobre a verdade e a autoridade da ciência também emerge como um elemento essencial para a reflexão. Atualmente, afirmar que a Terra se move desafia a ideia de que está estaticamente posicionada. Essa afirmação, que antes poderia ser considerada incorreta, destaca a dinâmica das discussões contemporâneas sobre a verdade científica e a autoridade atribuída à ciência (Gama; Henrique, 2010). Ao elencar essas questões, abre-se espaço para explorar a possibilidade de múltiplas visões sobre a natureza da ciência, revelando uma discussão epistemológica viva e relevante para o contexto da Revolução Copernicana. Esse questionamento intrínseco constitui uma autêntica problematização, contri-

buindo para uma compreensão mais profunda dos desafios e das complexidades envolvidas na construção do conhecimento científico sobre o heliocentrismo.

Batista e Silva (2018) apresentam a utilização de narrativas históricas dentro de um enfoque investigativo, intitulado de abordagem Histórico-Investigativa (HI), pois as questões orientadoras desempenham um papel fundamental, pois são capazes de mobilizar conhecimentos e ideias, além de permitirem a inclusão de aspectos valorativos, afetivos e idiossincráticos em um contexto de convivência. Para os autores, ao adotar as narrativas como ferramenta para promover a investigação científica, é possível tornar o ensino de Ciências mais dinâmico, envolvente e contextualizado.

Martínez (2016), utilizando os estudos de Carvalho *et al.* (2014), ressalta a importância de planejar e organizar o Ensino por Investigação, fazendo uso de diversos recursos e atividades disponíveis. Isso inclui a utilização de narrativas e textos históricos, realização de experiências investigativas demonstrativas, momentos de sistematização em sala de aula com o apoio de textos complementares, a formulação de questões e problemas abertos, bem como a incorporação de recursos tecnológicos, entre outros. Estes elementos podem ser intencionalmente combinados em uma sequência didática investigativa, promovendo uma abordagem mais completa. Além disso, é importante ressaltar que para que as atividades investigativas se transformem em Ensino por Investigação, é necessário que os professores se aprimorem nessa abordagem e organizem suas aulas de forma dialogada, promovendo questionamentos que estimulem os alunos a refletir e argumentar (Carvalho, 2013).

Em sala de aula, os professores orientam os alunos na narrativa, por meio de um processo de análise crítica, para discutir, interagir e questionar sobre a história da ciência apresentada. Vale ressaltar que as narrativas não se limitam a ser apenas formas de entretenimento ou veículos para compartilhar informações. Ao contar histórias, as pessoas também expressam valores, crenças e visões de mundo que são compartilhadas dentro de uma comunidade ou sociedade. O ato de ouvir ou ler uma história envolve um processo ativo de construção de significado, no qual os indivíduos interpretam e relacionam a narrativa com suas próprias experiências e conhecimentos prévios (Gurgel, 2010).

Ao final da investigação e da narrativa histórica, é importante realizar uma reflexão sobre as lições aprendidas acerca da Natureza da Ciência. Os alunos devem ser instigados a identificar os principais aspectos que puderam compreender a partir da experiência, relacionando-os com suas próprias visões de mundo e conhecimentos prévios (Gurgel, 2010).

Gurgel (2010) reconhece a importância de valorizar integralmente o sujeito em formação, buscando criar recursos e espaços adequados para esse propósito. Para embasar sua abordagem, ele se baseia em teorias e pesquisas que legitimam a alfabetização científica (AC), a natureza da ciência (NdC) e o Ensino por Investigação como áreas essenciais para a reflexão, produção e transferência do conhecimento científico.

Batista e Peduzzi (2022) sugerem que estabelecer vínculos epistemológicos entre o conhecimento da natureza da ciência e a história conceitual da ciência pode ser uma forma de superar os problemas de despersonalização e descontextualização frequentemente encontrados no ensino de ciências. Neste estudo, é proposta a inclusão do estudo da história da ciência, com destaque para a Revolução Copernicana, como uma forma de proporcionar uma contextualização do conhecimento científico. Acredita-se que essa abordagem histórica possa contribuir para promover a alfabetização científica, permitindo aos estudantes compreenderem a natureza do conhecimento científico, seus desenvolvimentos ao longo do tempo e os contextos socioculturais nos quais surgiram.

Dessa forma, ao explorar a história da ciência, em particular a Revolução Copernicana, os alunos podem obter uma perspectiva mais ampla e fundamentada sobre os conceitos científicos, reconhecendo sua evolução e compreendendo como a ciência é construída e influenciada por diversos fatores. Isso ajuda a conectar o conhecimento científico com sua origem histórica e incentiva uma visão mais crítica e contextualizada da ciência, auxiliando no desenvolvimento da alfabetização científica.

2.4 Professor como pesquisador da sua prática.

Como destacamos anteriormente, a alfabetização científica transcende a mera aquisição de conhecimentos, englobando habilidades de comunicação e de pensamento crítico (Sasseron; Carvalho, 2008; Sasseron; Carvalho, 2011; Carvalho, 2018). Portanto, é crucial que o professor ofereça liberdade intelectual aos alunos, permitindo que explorem, questionem e construam o conhecimento científico (Carvalho, 2018). A elaboração de problemas que estimulem o raciocínio e a gestão de um ambiente de sala de aula propício à discussão de ideias são essenciais para promover uma participação ativa e sem medo de errar, explorando seus pensamentos, raciocínios e argumentações (Carvalho, 2018).

Nesse contexto, o professor desempenha um papel ativo e dinâmico no processo de alfabetização científica, comprometendo-se com práticas pedagógicas que fomentem a curiosidade, o pensamento crítico e a construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018).

A complexidade desse processo destaca a importância do professor como pesquisador de sua própria prática, um elemento essencial para o desenvolvimento profissional (García, 2009). A investigação das práticas docentes permite uma maior compreensão do processo de aprendizagem, identificação de desafios e exploração de novas estratégias para superá-los (Lima; Pimenta, 2006; Zeichner, 2008).

Lima e Pimenta (2006) enfatizam o papel do professor pesquisador na superação da dicotomia entre teoria e prática, destacando a importância da reflexão crítica sobre as práticas pedagógicas. A reflexão permite aos professores analisarem e questionarem suas experiências, compreendendo melhor suas ações e os contextos em que ocorrem.

A pesquisa na formação continuada é fundamental para integrar teoria e prática, proporcionando aos professores oportunidades de conectar teorias educacionais e pedagógicas com suas experiências práticas (Lima; Pimenta, 2006).

Zeichner (2008) ressalta a necessidade de reflexão crítica sobre a prática pedagógica, considerando as razões por trás das escolhas didáticas e as implicações éticas e sociais do trabalho docente. A formação reflexiva deve promover uma compreensão profunda dos propósitos da educação e do papel dos professores na sociedade.

Além disso, Zeichner (2008) critica a limitação da reflexão a aspectos técnicos e individuais, defendendo que a reflexão docente deve ser uma prática social que aborde questões de justiça social e equidade educacional. A reflexão deve ser vista como um meio para o desenvolvimento profissional contínuo e a transformação social.

Pesquisas sobre o professor-pesquisador e o professor reflexivo são fundamentais para entender como os professores constroem seu conhecimento pedagógico e como isso afeta o aprendizado dos alunos. Nesse contexto, os diários de aula surgem como um instrumento para o registro, reflexão e análise crítica da prática pedagógica (Zabalza, 1994; Zabalza, 2004). O diário permite aos professores identificarem padrões, questionarem suposições e repensarem estratégias, contribuindo para o desenvolvimento profissional e a construção coletiva de saberes pedagógicos, incentivando os professores a refletirem sobre suas práticas e as consequências destas, tornando-se investigadores de seu próprio trabalho. Isso contribui para a melhoria da qualidade do ensino e para o desenvolvimento profissional do docente.

3 CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Ao longo desta seção, concentraremos nossos esforços em apresentar o planejamento da sequência de ensino e aprendizagem. Além disso, é essencial considerar a estrutura do trabalho pedagógico. Nesse sentido, o losango didático se apresenta como uma ferramenta de organização e planejamento, integrando conteúdos, habilidades, valores e contexto social. Durante esta seção, discutiremos a adaptação e implementação dessas estratégias em nossas práticas pedagógicas, visando proporcionar experiências de aprendizagem enriquecedoras. Vamos explorar como a abordagem histórico-investigativa e o losango didático podem contribuir para o Ensino de Ciências.

3.1 A Construção da Narrativa

Em nosso trabalho, optamos por abordar a Revolução Copernicana por meio das narrativas históricas com enfoque investigativo (Histórico-Investigativo) (Batista; Silva, 2018). Batista e Silva (2018) utiliza os estudos de Allchin, Andersen e Nielsen (2014) para destacarem elementos essenciais que devem estar presentes nas narrativas no contexto do Ensino de Ciências:

- a) a narrativa histórica deve conter um contexto motivacional, tanto cultural quanto biográfico, e apresentar perguntas a serem investigadas. Isso desperta o interesse dos estudantes e os estimula a buscar respostas por meio da investigação científica;
- b) a narrativa deve seguir um formato que inclua um exemplo de caso, demonstrando uma explicação histórica do processo científico. Essa estrutura narrativa auxilia os alunos a compreenderem como os cientistas do passado enfrentaram desafios e construíram conhecimento por meio de suas investigações;
- c) momentos de pausa que propiciem a reflexão e o pensamento investigativo. Essas pausas permitem que os estudantes analisem os dados, reflitam sobre os resultados obtidos e formulem suas próprias hipóteses e interpretações;
- d) as perspectivas históricas também são essenciais, pois evidenciam a incerteza da ciência e demonstram que o conhecimento científico está em constante construção. Isso ajuda os alunos a compreenderem que a ciência é um processo dinâmico, sujeito a revisões e descobertas contínuas;

e) a abordagem HI também deve contemplar questões que problematizam a natureza da ciência, incentivando os estudantes a investigarem e refletirem sobre como a ciência é construída, quais são seus métodos e quais são os valores e atitudes próprios da cultura científica.

Em sala de aula, os professores usam narrativas históricas para promover análise crítica, discussão e questionamento sobre a história da ciência. Essas narrativas não são apenas entretenimento, mas também expressam valores e visões de mundo, contribuindo para a construção de significado pelos alunos, que relacionam as histórias com suas experiências e conhecimentos prévios. Ouvir ou ler histórias é um processo ativo de construção de significado, relacionando a narrativa com experiências e conhecimentos prévios (Gurgel, 2010).

Ao final da investigação com a narrativa histórica, é importante refletir sobre as lições aprendidas acerca da natureza da ciência. Os alunos devem ser instigados a identificar os principais aspectos compreendidos e relacioná-los com suas próprias visões de mundo e conhecimentos prévios (Batista; Silva, 2018).

Para construir a narrativa da Revolução Copernicana, estudamos fontes como Holton, Rutherford e Watson (1980), Martins (1994), Martins (2012), Martins (2015) e Cohen e Costa (1988). Também analisamos trabalhos de Martínez (2016), Alves (2018), Simon (2016), e Carvalho e Nascimento (2019), que discutem estratégias de ensino relacionadas ao tema. Essas referências foram essenciais para compreender a história e a relevância científica da revolução, além de fornecerem recursos e estratégias para o ensino. Essas leituras resultaram no Apêndice A.

Para a construção das questões presentes na narrativa, utilizamos as perguntas elaboradas por Martínez (2016) como orientação. Essas perguntas foram adaptadas e inspiraram a sequência de ensino e aprendizagem, visando estimular a reflexão dos alunos e promover a investigação dos conceitos científicos relacionados à Revolução Copernicana.

Segundo Martínez (2016), as perguntas mais relevantes em um estudo investigativo são aquelas que permitem diferentes níveis de pensamento e compreensão da realidade, contribuindo para a percepção dos indivíduos sobre si mesmos. Uma questão problematizadora é formulada como ponto de partida, antes de apresentar a narrativa histórica, criando um ambiente propício para interações que estimulem a reflexão dos estudantes.

Com base nessa análise, identificamos parâmetros fundamentais para a criação da narrativa, garantindo sua qualidade e alinhamento aos objetivos educacionais. Esses parâmetros

incluem a definição clara dos objetivos, seleção de conteúdos relevantes, adaptação ao público-alvo, consideração dos conhecimentos prévios dos alunos, funções sociais do conhecimento, explicação da concepção de ciência, respeito ao contexto histórico e reflexão sobre a coerência com a natureza da ciência (Martínez, 2016).

Ao utilizar problemas de reflexão e investigação, buscamos oferecer recursos que incentivem a reflexão sobre os tópicos científicos relacionados à Revolução Copernicana, valorizando o indivíduo como um ser integral. Dessa forma, promovemos uma abordagem que considera o todo, estimulando uma compreensão mais profunda e pessoal desses temas científicos.

A abordagem investigativa adotada inclui diversas etapas, como a apresentação de evidências, reflexão baseada no conhecimento científico e formulação de perguntas que orientem os estudantes a pensarem, formularem e testarem hipóteses. O papel do professor é fomentar as discussões, apresentando questões que incentivem o trabalho dos alunos, transformando a leitura em uma atividade de resolução e discussão de problemas e questões. O objetivo não é avaliar os alunos por meio dessas questões, mas sim utilizá-las como instrumento de investigação (Martínez, 2016).

Na narrativa construída no replanejamento, *A Terra orbita o Sol, ou o Sol orbita a Terra?*, apresentada abaixo, nosso foco não era abordar todos os elementos históricos da Revolução Copernicana, mas sim destacar situações críticas que marcaram a ruptura com o geocentrismo. Essa escolha foi deliberada, levando em consideração outras temáticas e compromissos pedagógicos do planejamento escolar.

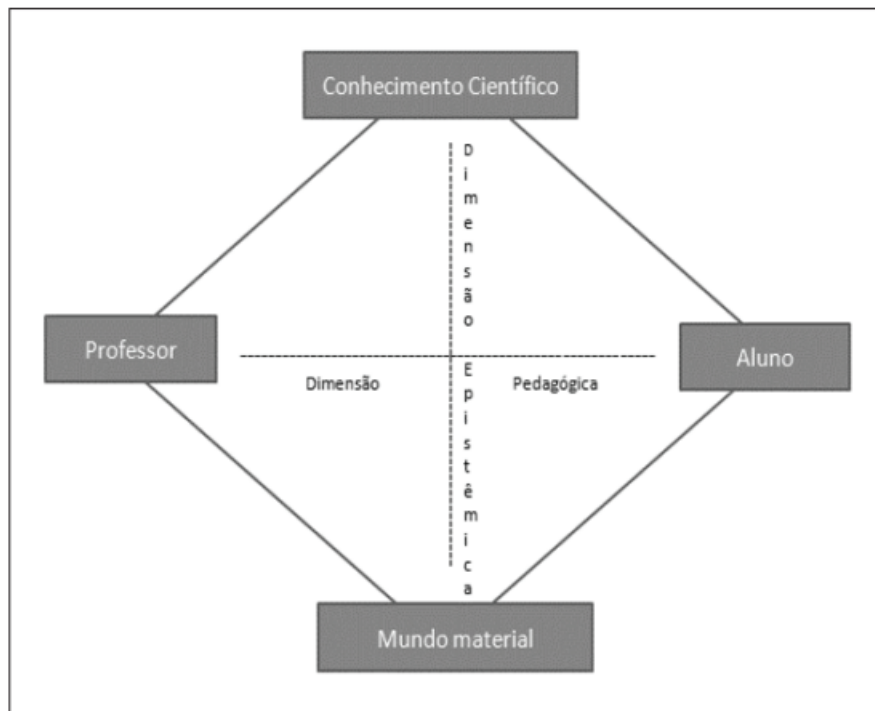
Temos dois personagens, Gabriel e Maria, constantemente em conflito sobre discussões do Universo, enfrentando problemas e questões apresentadas pelos modelos geocêntrico e heliocêntrico. Suas opiniões divergentes levam a uma exploração de fontes históricas e científicas, buscando embasamento para suas perspectivas. Ao longo da história, momentos de reflexão surgem, convidando os leitores a questionarem suas próprias visões e a se envolverem na busca por entendimento. Esses questionamentos e investigações se entrelaçam com os princípios da abordagem histórico-investigativa, destacando a importância da análise crítica, interpretação e engajamento com o conhecimento histórico-científico.

Esses problemas são a base para o desenvolvimento da história, uma vez que são eles que motivam a narrativa (Gurgel, 2010). Portanto, os elementos de complicação desempenham um papel fundamental, uma vez que são esses pontos de conflito que devem ser solucionados ao longo da progressão da narrativa, presente no Apêndice B.

3.2 Planejamento da Sequência de Ensino e Aprendizagem

Após a construção da narrativa, passamos ao planejamento da Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA). Com o objetivo de planejá-la, consideramos as dimensões sociais, epistêmicas, conceituais e materiais presentes em sala de aula. Identificamos no Losango Didático (LD), proposto por Meheut e Psillos (2004) e com as contribuições de Silva e Wartha (2018) e Junior e Silva (2020), um instrumento para planejar as intervenções. O LD é composto por dois eixos: um vertical, a dimensão epistêmica, que conecta o conhecimento científico com o mundo material, e outro horizontal, a dimensão pedagógica, que conecta o professor aos alunos, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1 – Losango Didático



Fonte: Extraído de Junior e Silva (2020)

A dimensão epistêmica, representada pelo eixo vertical, tem foco na construção do conhecimento científico, na compreensão dos conceitos, teorias e princípios científicos e na sua aplicação prática. É por meio dessa dimensão que os alunos têm acesso aos conteúdos científicos e desenvolvem sua compreensão sobre o mundo ao seu redor. Já a dimensão pedagógica, representada pelo eixo horizontal, tem foco nas estratégias de ensino e nas práticas pedagógicas utilizadas para promover a aprendizagem dos alunos. O papel do professor é fundamental nessa

dimensão, pois ele atua como mediador do conhecimento, selecionando e organizando os recursos e atividades de forma a promover o engajamento e a construção do conhecimento pelos alunos (Brasil. Ministério da Educação, 2018).

Silva e Wartha (2018) e Junior e Silva (2020) sugerem que ao promover a aprendizagem em ciências, seja química ou física, é importante considerar tanto a dimensão epistêmica quanto a pedagógica. Isso envolve explorar a relação entre o conhecimento científico, presente no ambiente escolar, e o mundo material. Nesse contexto, a professora pode desenvolver abordagens de ensino que estabeleçam uma relação entre o conceito e o contexto, bem como uma relação dialógica entre professor e aluno. Favorecendo uma perspectiva construtivista na abordagem epistêmica abrange questões relacionadas à natureza do conhecimento, como ele foi gerado historicamente e problemas relacionados ao ensino e aprendizagem desse conhecimento no contexto social. Considera também, na dimensão pedagógica, a complexidade dos conceitos científicos a serem abordados, as concepções prévias dos alunos e a busca pela superação de dificuldades e possíveis obstáculos ao aprendizado. Os materiais propostos em sala de aula devem ser baseados em recursos que considerem conhecimento prévio e análise por parte dos alunos. Isso significa que os professores devem levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e possíveis concepções alternativas que eles possam ter sobre os conceitos científicos que estão sendo ensinados.

Com o LD, Silva e Wartha (2018) apresentam a relação mais dialógica entre o professor e aluno no contexto do ensino de ciências, podendo incentivar um ambiente de participação ativa do processo de ensino e aprendizagem, fazendo perguntas e expressando suas ideias e opiniões, e se sentindo à vontade ao fazer isso, além de auxiliar os alunos a desenvolverem uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos e construir significados. Para os autores, aproximar o conhecimento científico e o mundo material pode ajudar os alunos a superarem obstáculos no que diz respeito às visões distorcidas na ciência.

Uma abordagem mais contextualizada, com questões problematizadoras, permite diferentes possibilidades de estratégias para contemplar as dimensões pedagógica e epistêmica, possibilitando um diálogo construído por meio de interações entre professor e aluno. Ademais, Silva e Wartha (2018) evidenciam a importância de considerar essas dimensões ao desenvolver sequências de ensino e aprendizagem.

Portanto, o Losango Didático constitui-se como uma ferramenta que auxiliou no planejamento da SEA. A seguir é apresentado o objetivo geral da SEA.

Objetivo geral:

- a) investigar e analisar o processo histórico da Revolução Copernicana, compreendendo algumas evidências experimentais e teóricas que levaram ao abandono do modelo geocêntrico em favor do modelo heliocêntrico;
- b) reconhecer esse processo como uma Revolução Científica e compreender seu impacto no desenvolvimento da ciência e na compreensão do nosso lugar no Universo.

A SEA foi estruturada em quatro aulas de 100 minutos cada aula, com o objetivo de abordar a situação-problema da sequência “Afiml, a Terra gira em torno do Sol ou o Sol gira em torno da Terra?”. A decisão de estabelecer cada aula com a duração de 100 minutos visa oferecer ao professor a flexibilidade necessária para explorar os conceitos de física e da história da filosofia da ciência de maneira mais abrangente e aprofundada.

Nas aulas, as estratégias didáticas apresentadas a seguir têm o objetivo de fomentar a compreensão e o envolvimento dos alunos com o conteúdo abordado. É importante ressaltar que mesma estratégia será aplicada em todas as aulas, uma vez que, embora os objetivos específicos possam variar, todas as aulas contarão com a mesma abordagem estratégica. Cada aula foi dividida em duas etapas igualmente importantes:

- a) **leitura conjunta com questões de reflexão e de investigação:** A primeira etapa concentra-se nas interações entre os estudantes e o material, buscando aprimorar a relação entre os alunos e o conteúdo, com o professor desempenhando o papel de facilitador. A etapa é dividida em duas ações: 1) A leitura e as interações do aluno com o material acerca da narrativa e as questões de reflexão (40 minutos); 2) A dinâmica dos alunos para responder às questões de investigação em grupo. Essa abordagem fomenta a colaboração, a discussão e a aplicação prática dos conceitos aprendidos, estimulando uma aprendizagem mais profunda (30 minutos);
- b) **sistematização a partir das respostas dos alunos e alunas:** Na segunda etapa ocorre a socialização das respostas construídas pelos estudantes, promovendo um ambiente colaborativo e estimulando a troca de ideias. Na sequência, durante a sistematização, os principais conceitos abordados na aula são organizados de maneira estruturada. O professor desempenha um papel crucial ao esclarecer dúvidas surgidas durante a atividade,

proporcionando uma compreensão mais profunda dos temas discutidos. Recapitulam-se imagens, vídeos e outros recursos multimídia usados na aula, destacando sua importância para o entendimento do conteúdo. Sistematizam-se os conceitos principais, integrando elementos textuais e visuais. Além disso, a etapa de sistematização oferece a oportunidade de aprofundamento em pontos-chave, tais como colaboração científica, leis de Kepler, observações de Tycho Brahe, dinâmica da ciência e ajuste do modelo heliocêntrico (30 minutos).

Essas etapas são para garantir que as respostas dos alunos sejam contextualizadas, compreendidas e integradas aos conceitos centrais do capítulo. Além disso, ao sistematizar os principais conceitos, o professor ajuda os estudantes a visualizarem as conexões entre diferentes ideias, contribuindo para uma aprendizagem mais profunda e significativa. Essa abordagem visa não apenas resolver dúvidas imediatas, mas também fortalecer a base conceitual que sustentará o entendimento dos alunos ao longo da sequência. Isso não apenas consolida o conhecimento adquirido, mas também enriquece a compreensão dos alunos, estimulando uma reflexão crítica e promovendo uma visão mais abrangente e integrada dos conceitos explorados durante a aula.

Nesse contexto, busca-se criar um ambiente de interações em que os e as estudantes irão refletir acerca daquilo que sabem e como sabem. Essas interações ocorrerão por meio de diálogos entre os alunos, com o professor, com os materiais instrucionais e com suas percepções imediatas.

Cada capítulo da narrativa apresenta uma variedade de conceitos interdisciplinares, permitindo ao professor escolher e desenvolver os temas que considerar mais relevantes para enriquecer a compreensão dos alunos. Dessa forma, a seguir, são apresentados os conceitos que poderão ser abordados, tanto quanto seus objetivos, proporcionando uma abordagem personalizada e adaptável ao contexto da turma. Essa estratégia visa ampliar a compreensão dos estudantes sobre os temas abordados, estimulando uma aprendizagem mais significativa e integrada.

Aula 1 (100 minutos):

a) objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento:

- compreender os princípios básicos do modelo heliocêntrico e geocêntrico, bem como a importância de considerar diferentes perspectivas;
- compreender as conexões entre observações cotidianas e o desenvolvimento de teorias científicas;

- incentivar a análise crítica de como a cultura e o conhecimento influenciam as interpretações do universo.

b) conteúdo pragmático:

- Modelo Geocêntrico e Modelo Heliocêntrico;
- aprofundamento em pontos-chave, como: observações cotidianas; desenvolvimento de teorias científicas; conexões entre observações e teorias; e cultura e contexto histórico.

Aula 2 (100 minutos):

a) objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento:

- explorar como as observações da oposição de Marte, Júpiter e Saturno em relação ao Sol ofereceram evidências para a ideia de órbitas independentes dos planetas em relação à Terra;
- analisar e compreender a importância de um ponto de referência na interpretação de características de fenômenos astronômicos, considerando como esses conceitos se relacionam com as limitações experimentais e os instrumentos de observação utilizados no estudo do universo;
- reconhecer a importância da abertura à revisão de hipóteses, mesmo quando aparentemente corretas inicialmente.

b) conteúdo pragmático:

- movimento relativo;
- aprofundamento em pontos-chave como: oposição dos planetas; período dos planetas; revisão de hipóteses; e abertura à mudança.

Aula 3 (100 minutos):

a) objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento:

- reconhecer a importância da colaboração entre diferentes cientistas ao longo do tempo para a consolidação do modelo heliocêntrico;
- analisar como as Leis de Kepler influenciaram e modificaram as percepções sobre o movimento planetário, contrastando com os modelos anteriores;
- compreender a importância das observações de Tycho Brahe e como contribuíram para o entendimento atual do modelo heliocêntrico.

b) conteúdo pragmático:

- Leis de Kepler;
- aprofundamento em pontos-chave como: colaboração científica; leis de Kepler; observações de Tycho Brahe; dinâmica da ciência; e ajuste do modelo heliocêntrico.

Aula 4 (100 minutos):

a) objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento:

- analisar como as observações de Galileu Galilei e outros cientistas desafiaram tanto as visões religiosas quanto científicas predominantes da época;
- compreender a utilidade das leis da gravitação universal de Newton na astronomia, utilizando o exemplo da previsão de Netuno a partir das anomalias orbitais de Urano;
- refletir sobre a ideia de que mesmo quando dois cientistas observam o mesmo fato ou fenômeno, suas conclusões podem variar, justificando essa diversidade de interpretações.

b) conteúdo pragmático:

- Lei da gravitação universal de Newton;
- aprofundamento em pontos-chave como: Galileu Galilei; Lei da gravitação universal; previsão de Netuno; consolidação do modelo heliocêntrico; e desafios atuais às crenças estabelecidas.

Como parte deste trabalho, foi desenvolvido um produto educacional (Passos; Neves, 2024), que são apresentados os detalhes de cada uma das aulas, fornecendo um guia para o desenvolvimento da sequência de ensino e aprendizagem.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem cunho qualitativo, pois, conforme André (2013, p. 97), é uma “perspectiva que concebe o conhecimento como um processo socialmente construído pelos sujeitos nas suas interações cotidianas, enquanto atuam na realidade, transformando-a e sendo por ela transformados”. Nesse contexto, o ambiente é a fonte direta de dados e tem o pesquisador como principal instrumento.

André (2013), por meio dos estudos de Peres e Santos (2005) destaca três pressupostos básicos que devem ser levados em conta ao se optar pelo uso do estudo de caso qualitativo: 1) o conhecimento está em constante processo de construção; 2) o caso envolve uma multiplicidade de dimensões; e 3) a realidade pode ser compreendida sob diversas óticas.

O primeiro pressuposto implica em uma atitude mais flexível por parte do pesquisador, apoiando-se no referencial teórico, mas não de maneira fixa, exigindo uma atenção maior aos aspectos novos, relevantes, que poderão surgir no decorrer da pesquisa. O segundo pressuposto indica o pesquisador a procurar utilizar uma variedade de fontes de dados, de métodos de coleta, para contemplar as diversas dimensões do fenômeno investigado no intuito de evitar interpretações unilaterais ou superficiais. Já o terceiro pressuposto exige uma postura ética do pesquisador, fornecendo ao leitor as evidências que utilizou para fazer suas análises, ou seja, descrevendo de maneira detalhada os eventos, pessoas e situações observadas.

Nossa pesquisa consiste em um estudo de caso, pois serão realçados “as características e atributos da vida social (André, 2013, p. 97, grifo da autora)”, em nosso caso a sala de aula, ao retratar a realidade de forma completa e profunda. Ludke e André (1986) ainda pontuam que os estudos de caso permitem generalizações naturalísticas, isso porque elas ocorrem em função do conhecimento experiencial da professora no momento em que tenta associar dados encontrados no estudo com dados que são frutos das suas experiências pessoais. Outro aspecto importante, apontado por Ludke e André (1986), é que os relatos de estudo de caso utilizam uma linguagem mais acessível do que os outros relatórios de pesquisa, o que permite expor os diálogos exatamente como ocorreram.

Em sala de aula, estamos interessados nas situações de aprendizagem proporcionadas por uma intervenção pedagógica que problematiza as evidências utilizadas para sustentar uma teoria em detrimento de outra. Nesse contexto, o conhecimento é compreendido como inaca-

bado, que se faz e refaz constantemente, tendo o professor como problematizador e facilitador. Nessa conjuntura, a pesquisadora é a professora de física que leciona astronomia, sendo os dados totalmente descritivos e produzidos no ambiente de ensino e aprendizagem, característica fundamental do estudo de caso, pois visa valorizar mais o processo do que o resultado (Ludke; André, 1986).

4.1 Contexto educacional da pesquisa

A Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) foi planejada e desenvolvida entre os dias 29/08/2023 a 14/09/2023, com estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública estadual, localizada em um município na região do Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais. A escola é situada em uma área periférica com características que refletem os problemas comuns de vulnerabilidade socioeconômica, enfrentando desafios como drogas, violência e evasão escolar. Mesmo em meio a adversidades, a escola serve como ponto de referência para uma extensa comunidade que busca um caminho para um futuro melhor.

A disciplina de astronomia teve sua primeira oferta na escola no ano de 2022, e seus objetivos de aprendizagem envolvem compreender e interpretar os fenômenos astronômicos presentes no cotidiano, como também associar as práticas experimentais que envolvem os conceitos relacionados ao conceito do campo da astronomia com as habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasília, D. F., 2022).

A SEA foi realizada em 5 aulas no decorrer de três semanas, nas disciplinas Física e Astronomia, com cada uma das turmas tendo aula na terça ou quarta e na quinta-feira. No primeiro dia, abrangendo duas turmas: A e D. No segundo dia, as outras duas turmas: B e C. No terceiro e último dia da semana, tínhamos aula com todas as turmas.

Durante a realização da SEA, a pesquisadora atuou como professora e observadora do processo de ensino e aprendizagem. A SEA tinha como propósito problematizar a Revolução Copernicana, com foco na compreensão das evidências experimentais e teóricas que conduziram à rejeição do modelo geocêntrico em prol do modelo heliocêntrico. No decorrer desse processo almejamos criar um ambiente que favorecesse o processo de alfabetização científica.

4.2 Construção da análise dos dados

Durante a implementação da SEA, utilizamos os seguintes instrumentos para a construção dos dados: a gravação em áudio das aulas, o diário da professora e os materiais produzidos pelos estudantes. Estes instrumentos foram utilizados para a organização do diário de aula, e por meio do Método de Análise de Conteúdo buscamos compreender as mensagens presentes nos materiais produzidos pelos estudantes.

Para a elaboração do diário de aula foram utilizadas as anotações da professora e as gravações das aulas. Em sua construção, buscou-se apresentar o contexto educacional e as impressões da professora acerca do processo de ensino e aprendizagem. Por diário de aula entendemos, conforme Zabalza (2004), uma ferramenta reflexiva essencial no contexto da investigação didática, permitindo aos professores explorarem e expressarem verbalmente ou por escrito sua perspectiva sobre o ensino, proporcionando autoconhecimento, feedbacks e estímulos para a melhoria profissional. Por impressões, essa prática, inserida num contexto conceitual e metodológico da pesquisa qualitativa, revela-se como um meio valioso para acessar o pensamento e a ação dos professores, abordando dilemas e promovendo uma compreensão mais profunda da experiência individual na prática educativa (Zabalza, 2004).

O diário de aula não foi encarado com um documento finalizado, uma vez que a cada nova leitura outras impressões foram adicionadas ao diário. Ao analisá-lo, buscamos identificar elementos a serem considerados no replanejamento da Sequência de Ensino e Aprendizagem e na identificação de elementos que favoreceram ou não para o surgimento de indícios de Alfabetização Científica. O diário trata-se de um registro escrito em que a professora assinala suas observações, reflexões e experiências durante o processo de ensino e aprendizagem.

Com o objetivo de identificar o quanto os estudantes se apropriaram dos conceitos estudados na SEA, analisamos as respostas dos estudantes ao questionamento **“Como provariam para alguém que a Terra gira em torno do Sol?”**, pois espera-se que ao respondê-lo os estudantes façam uso de evidências apresentadas e estudadas, como observações astronômicas, teorias científicas e experimentação. Ao analisar as respostas, é possível identificar quais dessas evidências foram mobilizadas pelos alunos, fornecendo reflexões sobre os pontos de compreensão que foram mais bem compreendidas. Com a análise das respostas é possível explorar como os alunos articulam argumentos e utilizam evidências científicas para justificarem suas visões.

Para analisar as respostas, optamos pelo Método de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977; Moraes, 1999; Franco, 2008), que consiste em um conjunto de técnicas que buscam analisar e verificar os sentidos expressos em documentos e protocolos orais e manuscritos, tentando compreender o "real" sentido incorporado a uma mensagem (Bardin, 1977; Moraes, 1999; Franco, 2008). Essa análise pode ser realizada em diferentes tipos de mensagens, como textos verbais (orais ou escritos), gestuais, silenciosos, figurativos, documentais ou diretamente provocados (Franco, 2008, p. 12).

A mensagem e o contexto em que ela foi produzida são os elementos-chave da AC. A partir da análise desses elementos, é possível realizar inferências sobre as características do texto, as causas e os efeitos transmitidos pelo autor da mensagem.

Diversos autores propõem diferentes etapas para a realização da AC. Ao analisar essas propostas, verifica-se que elas apresentam, em termos gerais, nomes distintos para as mesmas etapas. Devido à sua simplicidade e clareza, optamos por apresentar as cinco etapas propostas por Moraes (1999):

- a) preparação das informações — com os dados coletados, é preciso:
 - identificar as diferentes amostras de informação a serem analisadas;
 - ler todos os materiais, verificando quais deles estão de acordo com os objetivos da pesquisa;
 - iniciar o processo de codificação dos materiais estabelecendo um código que possibilite identificar rapidamente cada elemento da amostra que será analisado.
- b) unitarização ou transformação do conteúdo em unidades consiste em:
 - reler cuidadosamente os materiais com a finalidade de definir a unidade de análise (temas);
 - reler todos os materiais e identificar neles as unidades de análise;
 - isolar cada uma das unidades de análise;
 - definir as unidades de contexto.
- c) categorização ou classificação das unidades em categorias, consiste em um procedimento de agrupar dados considerando a parte comum existente entre eles, buscando sintetizar os aspectos mais importantes. Assim, a categorização é uma operação de classificação dos elementos seguindo determinados critérios. Essa categorização deve ser válida, exaustiva e homogênea. A classificação de qualquer elemento do conteúdo deve obedecer mutuamente:

- regra da exaustividade: “uma vez definido o campo do corpus [...] é preciso ter-se em conta todos os elementos desse corpus” (Bardin, 1977; Moraes, 1999; Franco, 2008).
 - regra da representatividade: “a análise pode efetuar-se numa amostra, desde que o material a isso se preste. A amostragem diz-se rigorosa, se a amostra for uma parte representativa do universo inicial” (Bardin, 1977).
 - regra da homogeneidade: “os documentos retidos devem ser homogêneos, quer dizer, devem obedecer a critérios precisos de escolha e não representar demasiada singularidade fora destes critérios de escolha” (Bardin, 1977).
 - regra de pertinência: “os documentos retidos devem ser adequados, enquanto fonte de informação, de modo a corresponderem ao objetivo que suscita a análise” (Bardin, 1977).
- d) descrição – É o processo de comunicar o resultado deste trabalho, seja por meio de texto ou tabelas.
- e) interpretação – Com a compreensão profunda do conteúdo das mensagens, é necessário realizar inferências e interpretações dos resultados descritos.

Com o Método de Análise de Conteúdo, será realizada a categorização das respostas dos alunos com base nos temas emergentes, e com isso buscamos identificar os padrões e tendências. Essa categorização proporcionará uma organização das respostas, buscando identificar os elementos utilizados pelos estudantes para sustentar o heliocentrismo em detrimento ao geocentrismo.

Na próxima seção apresentaremos o diário de aula construído pela professora e os resultados obtidos da análise das respostas dos alunos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao adentrarmos na seção de Resultados e Discussões, examinaremos as respostas dos alunos, as quais derivam tanto dos áudios gravados durante as aulas quanto das respostas detalhadas à questão previamente apresentada. Inicialmente, dedicaremos a primeira seção à análise do diário de campo, construído a partir dos registros de áudios em sala de aula e da perspectiva da professora. Na seção seguinte procederemos à análise do material escrito, compreendendo as respostas dos estudantes conforme suas próprias perspectivas, identificando evidências recorrentes e categorizando-as conforme os objetivos estabelecidos para a sequência didática. Na terceira seção exploraremos as Implicações do Diário e do Material Escrito para a pesquisa, destacando os indícios de alfabetização científica identificados ao longo dessa análise. Nessa seção também analisaremos como as observações e experiências registradas no diário de campo podem ser utilizadas de forma a aprimorar a Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA).

5.1 Diário de Aula

A dinâmica de análise consistirá em explorar as nuances das interações dos alunos, examinando tanto os áudios gravados durante as aulas quanto as respostas detalhadas à questão apresentada. Concentramos a avaliação das respostas dos alunos à questão central, proporcionando uma visão mais aprofundada sobre como os conceitos foram assimilados e interpretados.

A divisão por aulas permite uma análise mais específica das nuances de cada seção, destacando padrões recorrentes, desafios enfrentados e aprendizados ao longo da implementação da SEA. Essa abordagem proporcionará um entendimento acerca dos desafios enfrentados e das aprendizagens adquiridas, conectando as percepções dos alunos com os objetivos delineados para a pesquisa e a sequência didática.

Vale ressaltar que o contexto da pandemia, ocorrido durante o processo escolar desses estudantes, pode ter agravado ainda mais as dificuldades já existentes no processo de alfabetização, impactando diretamente a habilidade de leitura. As nuances das experiências individuais refletem-se nas diferentes abordagens adotadas pelos alunos em relação aos conceitos astronômicos apresentados, destacando a importância de uma compreensão sensível e adaptativa diante das diversas realidades enfrentadas pelos estudantes.

Primeira aula: (29 e 30 de agosto de 2023)

Inicialmente, tentamos minimizar a perda de tempo organizando tudo antecipadamente, resultando em um atraso de cinco minutos devido à necessidade de preparar a sala de vídeo para apresentar os slides. Desde o princípio, deparamo-nos com desafios notáveis. A resistência dos alunos ao material, especialmente no que diz respeito à leitura, já era uma realidade comum na escola. Alguns demonstraram relutância em ler, enquanto outros revelaram uma ausência de hábito de leitura. Ainda assim, a atividade, apesar dessa resistência, destacou a urgência de prestar uma atenção mais cuidadosa a esse aspecto.

Entregamos a primeira parte da narrativa e introduzimos a problemática inicial “Afim, a Terra gira em torno do Sol, ou o Sol gira em torno da Terra?” No início da aula, destacamos a importância do comprometimento dos alunos durante as próximas duas semanas, enfatizando a necessidade de comparecer às aulas e guardar as narrativas entregues ao longo da semana. Foi crucial enfatizar essa importância, pois as aulas compunham uma sequência contínua, durante a qual exploraríamos a leitura de três capítulos da narrativa. A falta de participação em uma aula poderia resultar na perda da compreensão de um capítulo, deixando os alunos em desvantagem e comprometendo seu acompanhamento da história ao longo dessas semanas. Portanto, ressaltamos a necessidade de comprometimento e presença para garantir uma experiência completa e compreensiva durante o desenvolvimento da narrativa.

O primeiro contato foi com a turma A, onde apresentamos uma breve introdução, por meio dos *slides*, sobre o conceito de revolução científica, segundo a perspectiva de Kuhn (1978). As respostas dos alunos acerca da problemática inicial variaram. Alguns disseram ser a Terra que gira em torno do Sol, enquanto outros que o Sol girava em torno da Terra. Muitos pareceram confusos e alteraram suas respostas em um curto espaço de tempo. Planejamos a leitura individual para que, posteriormente, os alunos pudessem se reunir em grupos, discutir as questões e chegar a um consenso. A ideia era socializar as respostas e sistematizar o conteúdo.

No entanto, a leitura individual, que demandou mais tempo do que o previsto, revelou padrões comuns entre os alunos. Foi possível observar muitos alunos com pouco foco e até mesmo desinteresse, resultando em interrupções frequentes por parte daqueles que queriam discutir sem ler, o que causou distrações e complicou a otimização do tempo. A partir desse momento, o slide tornou-se uma prioridade secundária, pois precisamos acender a luz para viabilizar a leitura, não apresentando uma utilidade evidente para essa aula.

A organização dos alunos em grupos também contribuiu para a demora, visto que levaram um tempo considerável para se organizarem. Quando conseguiram, as discussões ocorreram nos grupos, mas não obtivemos uma visão completa do que foi debatido durante a aula. Observamos que muitos alunos estavam mais inclinados a responderem às perguntas do que a discuti-las para alcançar um consenso, conforme havíamos sugerido.

Por exemplo, um grupo focou na criação da Terra, começando com o *Big Bang*, antes de abordar a problemática principal. Essas discussões revelaram uma ampla gama de opiniões, desde a opinião religiosa até interpretações científicas. Alguns alunos expressaram a visão de que não podiam acreditar que o Sol girava em torno da Terra, mas outros argumentaram que também não era possível provar o contrário. Isso levou a uma discussão sobre a observação aparente do movimento do Sol, e um aluno explicou: “Se estamos vendo o Sol se mover, é porque estamos girando, criando essa impressão”. Apesar de terem sido discussões valiosas, não conseguimos intervir ou discuti-las no momento, pois foram discussões que ficaram somente entre o grupo, o que pode ter deixado conceitos sem esclarecimento.

O atraso inicial, a dificuldade dos alunos em ler e interpretar o material e as discussões prolongadas resultaram em uma limitação de tempo que nos impediu de revisar os *slides* e sistematizar o conteúdo do primeiro capítulo. Ficou claro que para as próximas turmas seria necessário fazer ajustes na atividade para garantir um melhor equilíbrio entre a discussão, o tempo de leitura e a compreensão do conteúdo.

No mesmo dia, com a turma D decidimos adotar uma abordagem ligeiramente diferente. Não sentimos a necessidade de utilizar os slides inicialmente, optando por iniciar a aula com a mesma questão fundamental: **“A Terra gira em torno do Sol ou o Sol gira em torno da Terra?”**. Para obter uma análise mais aprofundada das perspectivas dos alunos, pedimos que levantassem as mãos de acordo com suas opiniões, e a turma parecia estar dividida em suas respostas. Ao questionar por que eles acreditavam que o Sol estava se movendo ou não, enfatizamos a importância de fornecerem razões embasadas em fatos científicos, já que estávamos tratando de ciência. Muitos alunos admitiram que não sabiam, enquanto aqueles que acreditavam que o Sol estava imóvel mencionaram que essa opinião se baseava no que haviam aprendido na escola.

Para esclarecer o conceito realizamos um pequeno experimento, convidando uma aluna a representar o Sol enquanto a Terra estava parada e o Sol se movia, observado a partir da perspectiva da Terra. Durante esse exercício, um aluno comentou que a Terra girava e que

essa rotação era a causa da impressão de movimento solar. Isso destacou a importância de sustentar nossas afirmações com evidências, mostrando que não bastava apenas responder, mas sim entender o porquê. A discussão sobre as estações do ano também emergiu, e foi mais fácil intervir e explicar as estações do ano em um ambiente de grupo geral. Diferente da situação anterior, nas quais as discussões ocorreram em grupos isolados, como observado na outra turma, tivemos a oportunidade imediata de intervir para elucidar possíveis mal-entendidos conceituais. A conversa se concentrou na inclinação da Terra e nos processos de rotação e translação. Era essencial criar um ambiente de interação em que os alunos se sentissem à vontade.

Mesmo diante das interrupções frequentes e comportamentos inadequados durante as intervenções dos alunos, conseguimos estabelecer um nível que considero positivo de envolvimento entre os alunos e o professor, com o material didático. Um aluno mencionou ter visto informações no TikTok, e embora tenha sido alvo de brincadeiras devido à fonte de informação, seu comentário trouxe à tona a ideia de que o sistema solar se move independentemente de parecer estacionário a partir do nosso referencial. Isso levou a uma discussão sobre referencial, o que ajudou a preparar os alunos para a leitura da narrativa, na qual explora a influência de nossas percepções imediatas, diferentemente da experiência da primeira turma no qual não ocorreu essa discussão antes da leitura. Ainda assim, enfrentamos desafios significativos em manter todos os alunos focados. Alguns estavam distraídos, mexendo em seus celulares, o que atrapalhava a leitura deles e dos outros.

Outro obstáculo foi a dificuldade de leitura e interpretação, com muitos alunos enfrentando dificuldades ao lidarem com palavras complexas ou com termos de difícil compreensão, por exemplo “heliocentrismo” e nomes como “Copérnico” e “Ptolomeu”. Pedimos que marcassem essas palavras para discussão, mas nem todos seguiram essa orientação. As palavras discutidas, como as acima, foram esclarecidas, mas ficou evidente a necessidade de melhorar a capacidade de leitura dos alunos. Essa aula foi muito mais focada na discussão dos elementos do texto, como o heliocentrismo e os processos de mudança na ciência, a fim de aprimorar a compreensão dos conceitos contidos no texto.

Com isso, novamente o tempo disponível não permitiu a discussão em grupo e a sistematização como planejado. No entanto, foi perceptível que muitos tópicos do Capítulo 2 já estavam sendo discutidos, sugerindo a possibilidade de realizar a sistematização após o término do Capítulo 2. Isso levou à ideia de adaptar a abordagem da SEA, combinando os Capítulos 1 e 2 em uma única unidade, a fim de otimizar o tempo disponível e promover discussões mais

aprofundadas. Com base nessa observação, surgiu a proposta de agrupar os capítulos finais em uma única aula, uma vez que os temas abordados se complementam, proporcionando um espaço adequado para a sistematização dos conceitos.

Com as outras turmas, B e C, seguimos através do mesmo formato de atividade que implementamos com a segunda turma, e mais uma vez nos deparamos com questões semelhantes às das turmas anteriores. No entanto, uma consideração importante foi a presença de um aluno com deficiência visual moderada na turma C, o que exigiu que adaptássemos o texto para garantir que ele conseguisse lê-lo com facilidade. Ademais, foi evidenciada a persistência de desafios, tais como a dificuldade em manter os alunos focados, as interrupções frequentes durante as discussões, bem como os problemas de leitura e interpretação.

Nesse contexto, mesmo não conseguindo realizar a sistematização na primeira aula, já não estávamos mais sob a pressão do tempo, uma vez que havíamos decidido realizar a sistematização na aula seguinte, junto com o próximo capítulo. Também consideramos mais uma vez a ideia de unificar os últimos capítulos, a fim de otimizar o uso do tempo disponível. Durante a atividade, estávamos realizando as discussões em pequenos grupos, o que, curiosamente, tornou-se um obstáculo. A participação do professor nas discussões era possível apenas em algumas ocasiões, com a limitação de interagir com um grupo por vez, o que levantou a questão de algumas discussões não serem ouvidas.

Uma observação que se destacou ocorreu durante a última pergunta das questões, que solicitava aos alunos apresentarem evidências em apoio à perspectiva que estavam adotando. Nesse momento durante a aula, o telescópio foi mencionado como um instrumento que os auxiliou a sustentar esse ponto de vista. Uma observação que só chegou aos nossos ouvidos por acaso, enquanto estávamos escutando uma discussão ao acaso. Esses desafios adicionais reforçaram nossa determinação de adaptar as próximas aulas, com o objetivo de melhorar o processo de sistematização e assegurar uma compreensão mais aprofundada dos conceitos abordados.

Uma questão adicional se destacou quando apresentamos a atividade na turma B levando a uma adaptação significativa em nossa estratégia. Percebemos que nessa turma havia alunos com dificuldades de leitura. Isso representou um desafio significativo para a nossa atividade, que dependia da leitura. Como solução, optamos por ler o texto em voz alta durante essa aula e nas aulas subsequentes dessa turma. Essa estratégia permitiu que os alunos participassem ativamente da discussão, no entanto, trouxe suas próprias complexidades. Muitos deles liam

termos de maneira incorreta, o que, por sua vez, contribuiu para uma maior confusão em relação a termos que já eram naturalmente complexos.

Essa experiência adicionou uma nova camada de desafios ao nosso processo de ensino, levando-nos a refletir sobre como adaptar nossas estratégias de modo a tornar o aprendizado mais acessível a todos os alunos, independentemente de suas habilidades de leitura. Isso destacou a importância de flexibilidade e criatividade no ensino, bem como a necessidade de identificar e atender às necessidades individuais dos estudantes.

Com isso, foi possível fazer algumas considerações acerca das respostas dos alunos contidas nas questões de interpretação e investigação. A partir das reflexões sobre o primeiro capítulo, percebe-se que algumas respostas evidenciaram a dificuldade de Copérnico em fornecer evidências concretas. Essa perspectiva levanta a questão sobre quais evidências foram cruciais para consolidar o modelo copernicano, abrindo espaço para discussões nos próximos capítulos.

Além disso, também a influência da religião, com alguns sugerindo que as igrejas antigas eram “contrárias aos cientistas”, mostrando a importância de tomar cuidado com a generalização excessiva e evitar perpetuar estereótipos, como se todas as igrejas fossem contrárias a qualquer atividade científica. Também foi notada, nas respostas, a presença de afirmações que apresentam como óbvias as verdades que consideramos, porque elas, algum dia, nos foram apresentadas, como expresso por um aluno: “pois é o ponto de vista de todos”. Ademais, quando questionados se acreditam que o modelo de Copérnico é o único existente, os alunos demonstram crença em outros modelos, independentemente da verdade coletiva.

Ao solicitar evidências, surgiram argumentos concretos, como o movimento aparente de Marte, as fases de Vênus e o movimento retrógrado dos planetas e satélites de Júpiter. Nota-se que alguns alunos podem ter obtido essas informações da internet, visto que muitos desses conteúdos não foram abordados durante o capítulo apresentado. No entanto, mesmo o processo de pesquisa, discussão em grupo e resposta os prepara para futuras aulas sobre esses conteúdos. Importante ressaltar que diversos temas apresentados pelos alunos no primeiro capítulo foram posteriormente explorados no segundo capítulo, justificando como seria relevante integrar as discussões de ambos os capítulos para uma compreensão mais abrangente e aprofundada do assunto.

Destaca-se também a resposta de um aluno que utilizou a percepção do carro em movimento para ilustrar a percepção de estar dentro e observar alguém parado do lado de fora, no

intuito de argumentar a favor do heliocentrismo, um exemplo que posteriormente foi utilizado pelos personagens na narrativa no terceiro capítulo.

Por fim, chamou-nos a atenção as respostas pelas quais os alunos admitem não terem evidências, por não saberem se a afirmação é verdadeira. Muitos alunos enfrentaram dificuldade em apresentar evidências, alguns deixando a pergunta em branco, o que reforçou a incerteza e a complexidade do tema, apesar de sua aparente obviedade. Além disso, algumas respostas confundiram evidências heliocêntricas com conceitos geocêntricos, destacando a persistência de ideias preconcebidas e a necessidade de uma melhor sistematização.

Segunda aula (31 de Agosto de 2023):

Era um dia da semana em que todas as turmas tinham aula, embora em horários diferentes, e como eram todas no mesmo dia seguiram um mesmo formato. Iniciamos nas turmas a discussão sobre como sustentamos nossas teorias e por que elas são consideradas verdadeiras. Retomamos as ideias do primeiro texto para avaliar o quanto os alunos se recordavam dele.

Anteriormente, escolhemos textos mais curtos para evitar que os alunos se sentissem sobrecarregados com o material, visando evitar desânimo. No entanto, a estratégia de usar textos curtos contribuiu para o esquecimento e uma interação limitada dos alunos com o material. Mais uma vez surgiu a reflexão de que teria sido mais eficaz combinar os dois capítulos, já que as discussões eram essencialmente as mesmas.

Diante desses desafios, surgiu a necessidade de relembrar a história para dar continuidade à narrativa. Aproveitamos o tempo para sistematizar tudo o que havia ficado em falta na aula anterior. Conforme observamos que as discussões fluíam naturalmente em direção ao próximo capítulo, ficou claro que as interações do segundo capítulo já se delineavam durante as discussões do primeiro. Isso reforçou a possibilidade de combinar ambos os capítulos em uma única discussão, otimizando o tempo e aprofundando uma melhor compreensão da narrativa na SEA. Essa aula, que seguia o mesmo formato da primeira, tomou um direcionamento diferente, com a maior parte do tempo dedicada à sistematização conduzida pelo professor em relação às ideias do primeiro capítulo. Embora a sistematização tenha abordado conceitos de outros capítulos, mostrou-se necessária, pois muitos alunos não estavam familiarizados com os termos como, por exemplo, “retrógrado” e “epiciclos”, e não tinham embasamento suficiente para gerar as discussões esperadas. Durante esse momento foi possível voltar às questões do primeiro capítulo e direcioná-las aos alunos para que respondessem verbalmente o que foi discutido por eles em grupo na última aula. Houve algumas turmas que se envolveram mais, e outras menos.

Em todas as aulas enfrentamos interrupções, algumas previstas e outras surpreendentes. Uma aluna com um alto grau de deficiência intelectual entrou na sala da turma C e distraiu um pouco os alunos e o professor. No entanto, essa interrupção não causou maiores problemas, uma vez que a turma e a coordenação já estavam acostumadas a conviver com ela em momentos como esse. Outro obstáculo foi o fato de que muitos alunos faltaram à aula inicial, e por isso foi necessário situá-los nas discussões e nos objetivos das atividades. Acredito que muitos desses alunos tiveram dificuldade em acompanhar devido à falta de tempo para ler e discutir o primeiro capítulo, embora a sistematização tenha auxiliado de certa forma na compreensão da aula.

Após a sistematização, experimentamos a leitura conjunta do Capítulo 2 de forma oral, para auxiliar os alunos em caso de confusão com termos ou conceitos. Surpreendentemente, o aluno com deficiência visual, da turma do 1º reg 3, apesar das dificuldades de leitura, foi um dos mais participativos, lendo oralmente grande parte do texto. Isso levou a comentários como: “O que eu percebo é que são debates de argumentos para determinar qual teoria é mais precisa”. Isso abriu espaço para discutir o objetivo da sequência, que era analisar evidências e provas para determinar qual das teorias funcionava melhor. No entanto, as dificuldades que enfrentamos na situação anterior ao optar pela leitura oral persistiram. Muitas vezes os termos eram mal compreendidos, o que tornava a leitura mais desafiadora e, por vezes, atrapalhava a compreensão do texto. Além disso, as interrupções eram frequentes, e tivemos que lidar com alunos distraídos, alguns dos quais dormiam em suas carteiras. Cada tentativa de realinhar a discussão demandava um tempo adicional, o que desafiava a fluidez das atividades planejadas. Porém, a leitura oral permitiu que o professor interrompesse a leitura para discutir parágrafos importantes do texto, permitindo o esclarecimento de muitos conceitos que poderiam passar despercebidos.

Devido ao tempo utilizado para sistematizar o primeiro capítulo e realizar a leitura oral do segundo capítulo, as questões finais ficaram para os últimos 10 minutos e para serem terminadas de ser respondidas em casa. No caso do 1º reg 1, não conseguimos aproveitar os últimos minutos para começar a responder às questões devido à redução do tempo disponível, ocasionada pelo intervalo para o lanche final do sexto horário. As discussões que normalmente ocorreriam em grupo foram integradas durante a leitura, permitindo que os alunos continuassem a responder às questões por conta própria em casa.

Essa estratégia se mostrou relevante uma vez que em algumas turmas as aulas de astronomia eram programadas para o último horário do dia. Nessas circunstâncias, havia um

intervalo de apenas 10 minutos para o lanche no final da aula, resultando em um tempo de aula máximo de 40 minutos. Devido ao tempo necessário para iniciar a aula e preparar os alunos, tínhamos apenas cerca de 30 minutos efetivos para leitura e discussão. Esse desafio de tempo limitado impactou nossa capacidade de explorar o material de forma mais abrangente e aprofundada em algumas turmas.

Dessa forma, a inclusão de leituras e tarefas para serem realizadas em casa tinha como objetivo otimizar o tempo em sala de aula, permitindo discussões mais aprofundadas. No entanto, já era esperado que alguns alunos pudessem encontrar desafios na execução dessas atividades fora do ambiente escolar. Por isso, foi implementada uma sistematização que, mesmo diante de algumas dificuldades pontuais, proporcionou um melhor aproveitamento do tempo em sala de aula. Isso contribuiu para manter o ritmo das aulas e, conseqüentemente, maximizar a qualidade das discussões, alinhando-se ao planejamento estabelecido.

As questões do segundo capítulo envolvem, em geral, a análise das semelhanças entre a percepção de Gabriel, Aristóteles e Ptolomeu, como também a investigação sobre a adequação do modelo geocêntrico do ponto de vista experimental, as ações de Gabriel e os instrumentos utilizados por ele, surgindo nas respostas argumentos que expressam termos como “primeiras impressões”, “percepções imediatas” e “percepção visual ou sensorial”, aparecendo até mesmo expressões como “porque foi o primeiro contato com isso tudo”, como também alguns citando o pôr do Sol como uma impressão que fomentou a ideia de que é o Sol que gira em torno da Terra.

Uma resposta se destacou ao apontar a semelhança nas percepções de Gabriel, Aristóteles e Ptolomeu. O aluno ressaltou que, embora suas ideias possam parecer semelhantes, é importante reconhecer a distinção temporal entre eles. A resposta sugere que, devido ao contexto histórico, Gabriel possui informações que Ptolomeu e Aristóteles não tinham em suas respectivas épocas. Portanto, mesmo que suas percepções se assemelham, a disponibilidade de informações diferencia suas capacidades de conclusão.

Dessa forma, os problemas de investigação incitam uma análise da intriga de Gabriel diante dos questionamentos da irmã, promovendo reflexões sobre a relevância e a coerência dessas indagações. Surgiram considerações como “Perceber que nem sempre nossas percepções imediatas refletem a realidade”, como também “Quando não temos conhecimento sobre algo devemos sim nos questionar, e questionar os outros”. Nessa última frase, um aspecto positivo é a ênfase na importância do questionamento quando não temos conhecimento sobre determi-

nado assunto. Isso reflete uma postura saudável de curiosidade intelectual e reconhecimento da necessidade de aprender. No entanto, o ponto que requer atenção é o termo “questionar os outros”. Embora seja saudável fazer perguntas para ampliar o entendimento, é crucial abordar essa prática com respeito e consideração pelo conhecimento e perspectivas alheias. Às vezes, o desconhecimento pode levar a perguntas mal formuladas ou que possam ser interpretadas como desafiadoras.

Além disso, por meio das questões, discutiram as influências socioculturais presentes na narrativa e como esses elementos podem ser relacionados à realidade dos estudantes em sua escola ou bairro. Alguns apresentaram como relevantes os valores, crenças, costumes, tradições, estrutura de poder e relações sociais. Mesmo que algumas respostas fugissem do objetivo da pergunta, muitas se mostraram relevantes. Alguns alunos em suas respostas chamam a atenção para discussão dos dois irmãos como se fossem dois pontos de vistas diferentes, e cada um procurando provas para sustentar aquilo em que acredita. Foi citado também por uma aluna o termo “preguiça mental” que, como ela mesmo explica, significa “aceitarmos tudo sem entendermos”. Vários estudantes abordaram a importância de investigar, mesmo quando a resposta parece evidente. Um aluno destacou essa necessidade, afirmando que devemos investigar e buscar evidências que sustentem o que pode parecer óbvio.

Terceira aula (05 e 06 de setembro de 2023)

Nessa semana, devido ao feriado ocorrido em 07/09/2023, houve apenas uma aula em cada turma. Ao iniciar a terceira aula, foi necessário retomar os capítulos anteriores. Durante esse momento, conseguimos recapitular alguns dos conceitos dos últimos capítulos, fazendo perguntas orais aos alunos com base no capítulo anterior. Na turma A, por exemplo, questionamos por que o modelo de Ptolomeu era adequado para sua época, obtendo respostas sobre a limitação dos instrumentos ópticos naquela época. Houve também comentários sobre a influência sociocultural de Aristóteles e da Igreja Católica naquele contexto.

Na turma D, assim como na turma B, a aula ocorreu no último horário, resultando em menos tempo para sistematização e discussão. Apesar da distração e dispersão, surgiram comentários significativos, como a pergunta de um aluno sobre a existência de telescópios naquela época. Esse questionamento permitiu ao professor introduzir os recursos disponíveis para observações naquele período. Um aluno do B destacou a importância de ouvir todos os lados da história, o que proporcionou ao professor enfatizar a análise de diferentes perspectivas.

Na turma C conseguimos otimizar o tempo, reservando um momento inicial para a leitura silenciosa do Capítulo 3 antes da leitura oral conjunta. Antes da leitura, contextualizamos a história, possibilitando discussões de conceitos e pausas para perguntas direcionadas aos alunos. Durante a leitura, os alunos relacionaram o exemplo do carro em movimento à percepção do movimento aparente do Sol. Houve também reflexões sobre a dificuldade inicial de compreender que a Terra se movimenta, destacando a progressão do entendimento ao longo do tempo.

Os questionamentos do Capítulo 3 foram abordados de maneira indireta durante a leitura oral em cada aula, e os exercícios foram designados para serem concluídos em casa. As respostas dos alunos revelaram uma compreensão mais aprofundada, destacando evidências presentes no texto. Eles começaram a apresentar observações astronômicas feitas por Copérnico que não se alinhavam com o modelo heliocêntrico, como a variação de tamanho dos planetas durante diferentes pontos de suas órbitas. Essas observações foram contrapostas ao modelo heliocêntrico. Além disso, evidências como as observações de Mercúrio e Vênus, cálculos dos períodos dos planetas e as dimensões das órbitas foram mencionadas para sustentar a argumentação.

Destacou-se uma resposta interessante à pergunta “Como você verificaria se alguma percepção sua está certa ou não?”. Um aluno mencionou o termo “observação repetida”, explicando que isso envolve verificar novamente a percepção para confirmar sua consistência. Termos como “testar hipóteses” foram citados por vários alunos, indicando a importância de realizar experimentos ou procedimentos para validar percepções. Além disso, alguns alunos expressaram a intenção de buscar “informações” adicionais em fontes confiáveis para verificar suas percepções. Outra contribuição significativa foi feita a partir da discussão sobre como a ciência nos ensina a questionar percepções imediatas e limitações. Os alunos mencionaram termos como “análise crítica” e destacaram a importância do “método científico” ao questionar e avaliar informações. Essas respostas refletem uma compreensão mais ampla da abordagem científica e do papel da análise crítica na construção do conhecimento.

Quarta aula (12 e 13 de Setembro de 2023):

Alguns desafios significativos surgiram ao longo do processo. Entregar um capítulo por aula gerou a dificuldade de os alunos guardarem os materiais para que pudessem ser reunidos com os novos capítulos nas próximas aulas. Mesmo com a professora enfatizando a importância desse cuidado, frequentemente era preciso fornecer novos materiais. Além disso, se um aluno faltasse a uma aula, ele perdia o capítulo correspondente e, como consequência, ficava perdido em relação ao conteúdo.

Dessa forma, grande parte do tempo da aula era gasto em recapitular os capítulos anteriores, juntamente com as questões correspondentes. Isso prejudicou a leitura oral dos capítulos em algumas turmas e também a sistematização. Foi nesse momento que reconhecemos a necessidade de, na quarta aula, revisar todas as discussões dos capítulos anteriores de maneira a sistematizar os conceitos abordados e as evidências apresentadas. Diante disso, decidimos apresentar um conjunto de slides na quarta aula, com uma revisão abrangente dos capítulos e conceitos, com o objetivo de proporcionar aos alunos uma base sólida para a compreensão do capítulo final.

Durante esse momento, conseguimos lembrar os personagens-chave em nossa narrativa, o contexto em que viviam e suas teorias. Utilizamos recursos visuais, como *gifs*, imagens e vídeos, apresentando cada cientista que foi citado na narrativa, mostrando seu contexto histórico, observações significativas, como também suas teorias. Foi possível também demonstrar a Representação por epiciclos de Ptolomeu e o fenômeno do movimento retrógrado, fazendo comparações entre os modelos de Copérnico e Ptolomeu. Muitos alunos conseguiram interagir com os materiais, como a comparação em *gifs* do movimento retrógrado nas duas perspectivas, a de Copérnico e Ptolomeu e a representação visual do movimento aparente dos planetas Mercúrio, Vênus, Terra e Marte segundo o referencial geocêntrico, conforme simulada pelo programa Celestia. Essa abordagem visual enriqueceu a compreensão dos alunos e facilitou a contextualização das teorias discutidas.

Comentários fora do tema surgiram, como na turma A, na qual o assunto sobre a exploração de Marte e a possibilidade de ir até lá foi levantado. Entretanto, conseguimos direcionar esse tópico para discutir a interpretação do movimento de Marte nos modelos heliocêntrico e geocêntrico. Utilizando vídeos e *gifs* nos slides, exploramos a complexidade da interpretação de Ptolomeu sobre o movimento retrógrado de Marte.

Na mesma turma, alguns alunos ainda expressaram a perspectiva de Gabriel de que era o Sol que girava em torno da Terra. Esse aluno talvez não tenha obtido um bom aproveitamento nas aulas anteriores, ou até mesmo pode não ter comparecido a elas, evidenciando a importância de realizar a sistematização e recapitulação. No entanto, na mesma turma surgiram comentários sugerindo que o movimento aparente se deve à rotação da Terra. Como resultado, os próprios estudantes foram capazes de contestar o argumento do colega. Houve ainda argumentos adicionais, como a relação entre o movimento do Sol e a observação das constelações.

Na turma D um aluno destacou que na teoria de Copérnico as órbitas dos planetas deveriam ser círculos perfeitos, mas o professor esclareceu que eram elipses. Isso permitiu demonstrar como até mesmo o modelo de Copérnico foi ajustado com base em novas evidências. Essa discussão abriu espaço para introduzirmos o último capítulo na próxima aula, abordando as contribuições pós-Copérnico e a validação desse modelo.

É relevante mencionar a turma C, que inclui um aluno com deficiência visual. Para facilitar sua participação, sugerimos que ele ficasse na frente do computador e utilizamos um *tablet* para ampliar os slides. Esse aluno mostrou-se engajado, contribuindo com comentários sobre o movimento aparente do Sol, permitindo discutir a diferença entre percepção imediata e nossas impressões iniciais.

Em algumas turmas não foi possível cobrir todos os slides, mas as discussões aconteceram naturalmente, indicando que a retomada não era necessária nas aulas subsequentes. No entanto, na turma B, uma atividade que havia sido deixada em segundo plano nas aulas anteriores, sobre movimento relativo, foi retomada. Os alunos demonstraram uma interação significativa, evidenciando a riqueza dessa atividade para explorar nossas primeiras impressões e percepções imediatas, especialmente em relação ao movimento de rotação e translação da Terra.

Durante a aula, optamos por uma abordagem que não incluiu questões formais de investigação, mas sim *slides* contendo discussões. Essa escolha foi guiada pela intenção de permitir que as questões anteriores emergissem naturalmente durante as interações em sala de aula. Ao refletir sobre a conclusão de um trabalho que analisou práticas de leitura e escrita em aulas de física, encontrei desafios semelhantes em relação ao uso dessas práticas.

De maneira geral, os textos escritos são percebidos como tendo limitações em sua eficácia para a aprendizagem quando utilizados isoladamente. A percepção dos estudantes é que esses textos se tornam mais significativos quando combinados com outros meios, como áudio, vídeo ou interação direta com o professor. Esse entendimento se relaciona com a decisão que tomamos de apresentar os conceitos dos capítulos apresentados não apenas por meio do texto, mas também por meio de um contexto histórico, imagens e *gifs* apresentados nos *slides* durante esta aula.

As dificuldades enfrentadas pelos estudantes, conforme mencionado no estudo, estão relacionadas a aspectos como vocabulário, interpretação e estruturação de textos. Essas dificuldades são atribuídas, em parte, à falta de incentivo ou à maneira como essas práticas são tradicionalmente abordadas em sala de aula.

Ao considerar essas conclusões e o contexto da sala de aula em que estávamos inseridos, vemos a importância de nossa escolha de apresentar o conteúdo de maneira mais visual e dinâmica, alinhada às diferentes perspectivas e características culturais dos alunos. Ao integrar práticas alternativas de leitura e escrita, esse estudo identificou oportunidades para ampliar as formas de abordar o ensino de física, proporcionando novos caminhos para reflexão e construção de conhecimento. Da mesma forma, nossa abordagem de recapitulação, embora menos formal, buscou atender às necessidades variadas dos alunos, oferecendo um meio mais envolvente e acessível de aprendizado.

Quinta aula (14 de setembro de 2023)

A última aula, que abrangeu os capítulos quatro e cinco, combinados em um só, iniciou-se em 14 de setembro. Nos primeiros minutos de cada aula realizamos uma breve revisão dos capítulos anteriores, incluindo a leitura do capítulo final. Posteriormente, apresentamos um conjunto de *slides* que sistematizam os conceitos abordados nos capítulos, destacando os cientistas pós-Copérnico e o contexto histórico relacionado. Utilizando imagens e *gifs*, conseguimos ilustrar as excentricidades das órbitas dos planetas do Sistema Solar, demonstrar visualmente a regularidade de varredura de áreas iguais no mesmo intervalo de tempo ao longo da órbita planetária e introduzir a equação da terceira lei de Kepler, que não havia sido abordada no texto. Essa abordagem enriqueceu a compreensão e aprofundamento desses conceitos.

A fusão dos capítulos resultou em um capítulo final um pouco mais extenso, no entanto, a diferença se mostrou tão mínima que nos fez considerar, para quando fôssemos reformular a SEA, a possibilidade de dividir os cinco capítulos em dois maiores e um menor, a fim de dispor de mais tempo para discussões aprofundadas e síntese de conceitos. Em resumo, conforme avançamos na sequência didática, ficou claro que precisávamos de adaptações significativas para a SEA. Alguns capítulos continham uma quantidade considerável de informações, incluindo evidências complexas já apresentadas anteriormente. Em uma única aula tínhamos pouco tempo para abordar todo o conteúdo e promover discussões aprofundadas. Isso nos fez repensar nossa estrutura e abordagem.

Diante desses desafios, a decisão de agrupar alguns capítulos e apresentar os tópicos de forma mais resumida nos permitiu dedicar mais tempo às discussões e atividades práticas, o que se mostrou muito eficaz. Dessa forma, incorporamos também na última aula, juntamente com a leitura do texto, o uso de *slides*, que incluíam imagens, vídeos e *gifs* relacionados aos tópicos

em discussão, como por exemplo as três leis de Kepler. Os recursos multimídia desempenharam um papel fundamental em despertar o interesse e o engajamento dos alunos.

Essa abordagem multidimensional não apenas quebrou a monotonia das aulas, mas também facilitou a compreensão de conceitos complexos, tornando o processo de aprendizagem mais agradável. Conforme os alunos começaram a compreender os conceitos e suas conexões com as evidências históricas, suas contribuições nas discussões em sala de aula se tornaram notáveis. O uso criativo de *slides* multimídia estimulou a curiosidade e a participação ativa dos alunos nas discussões, criando um ambiente de aprendizagem mais envolvente e produtivo.

As dificuldades atribuídas aos estudantes, conforme observadas no estudo de Setlik e Higa (2019), podem resultar da falta de estímulo ao uso dessas práticas nas aulas ou da maneira como são implementadas. Essa abordagem reforça a importância de repensar a integração da leitura e da escrita de maneira orgânica no contexto do ensino de física

Na análise da última aula, que compreendeu os capítulos quatro e cinco, notamos alguns aspectos relevantes. A fusão desses capítulos em uma única aula proporcionou uma experiência um tanto acelerada, especialmente devido à leitura do capítulo final e à sistematização dos conceitos. A opção por substituir as questões finais por uma única pergunta, solicitando aos alunos que listassem evidências que sustentam a teoria aceita atualmente, foi uma estratégia adotada para avaliar o alinhamento das estratégias de ensino com os objetivos propostos e o envolvimento dos alunos.

A ideia de fundir os capítulos pareceu minimamente impactante no tamanho total do capítulo final, levando a uma consideração para futuras reformulações da Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA). A reflexão sobre a estrutura da SEA indicou a necessidade de adaptações significativas, considerando que alguns capítulos continham uma quantidade substancial de informações complexas, tornando difícil abordar todo o conteúdo em uma única aula e promover discussões aprofundadas. A incorporação de recursos visuais, como *slides* com imagens, vídeos e *gifs*, na última aula, enriqueceu a apresentação e facilitou a compreensão de conceitos complexos. Essa estratégia multidimensional não apenas quebrou a monotonia, mas também estimulou o interesse dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais agradável

A análise também destaca a importância do uso criativo de slides multimídia, para cultivar habilidades de interpretação e escrita. A abordagem adotada reforça a necessidade de repensar a integração da leitura e da escrita de maneira orgânica no ensino de física, superando as dificuldades observadas em estudos anteriores. Em resumo, essa estratégia promoveu um am-

biente de aprendizagem mais envolvente e produtivo, evidenciando o potencial de abordagens inovadoras no contexto educacional.

A última aula foi um pouco acelerada, pois envolvia a leitura do capítulo final e a sistematização final. Diante disso, optamos por substituir as questões finais por uma única questão, na qual os alunos deveriam listar evidências que sustentam a teoria aceita atualmente. Essa abordagem visava verificar como as estratégias de ensino se alinhavam com os objetivos estabelecidos e se as atividades estavam envolvendo os alunos. A decisão de incorporar uma questão final surgiu a partir das experiências anteriores, notadamente na primeira turma, quando identificamos a necessidade de uma sistematização mais aprofundada das informações. Assim, embora tenhamos obtido respostas para análise de três turmas dentre as quatro, é pertinente destacar que, em algumas instâncias, muitos participantes dessas três turmas não entregaram suas respostas ou as apresentaram de forma conjunta, resultando em repetições significativas. Em algumas turmas a atividade foi realizada em sala de aula, enquanto outras ficaram com a tarefa de responder em casa, a fim de entregá-la na próxima aula. Diante desse cenário, contamos com um total de 34 respostas disponíveis para análise.

5.2 Análise do material escrito

Para analisar o material escrito dos e das estudantes seguimos o processo apresentado na Seção 4.2. Inicialmente, preparamos as informações, identificando evidências, lendo e codificando os materiais. Em seguida, realizamos a unitarização, definindo unidades de análise e contexto. Na etapa de categorização agrupamos os dados seguindo critérios como representatividade, homogeneidade e pertinência, considerando também os eixos de alfabetização científica propostos por (Sasseron; Carvalho, 2008). Com isso, haverá a descrição dos resultados por meio de textos e tabelas. A interpretação envolverá inferências e análises profundas para que consideremos o replanejamento da SEA. Esse método assegura uma abordagem sistemática e robusta na análise das informações coletadas (Bardin, 1977; Moraes, 1999; Franco, 2008).

Na primeira etapa, preparação das informações, os materiais produzidos pelos estudantes foram revisitados e identificamos suas respostas ao problema “Como provariam para alguém que a Terra gira em torno do Sol?”. Para facilitar a análise suas respostas foram digitadas e, como resultado, obtivemos 34 respostas. Vale destacar que das quatro turmas o questionamento não foi realizado em uma delas, e nas demais os diversos estudantes deixaram o questionamento

em branco. Alguns estudantes responderam ao questionamento em grupo, levando a 3 respostas repetidas, destacando a possibilidade de influência mútua nas respostas.

Na segunda etapa, unitarização ou transformação do conteúdo em unidades, depois de ler e reler as respostas dos estudantes, identificamos nas respostas as seguintes categorias:

- a) abordam a ideia de perspectiva relativa, comparando a movimentação percebida da Terra e do Sol com exemplos de observadores em movimento;
- b) baseiam-se nas teorias científicas, como a heliocêntrica de Copérnico, leis de Kepler, e a gravitação de Newton;
- c) utilizam analogias, como o movimento de um carro, para explicar a impressão de movimento do Sol; ou propõem realizar experimentos, pesquisas e observações para comprovar o movimento da Terra;
- d) levantam questionamentos sobre a validade das evidências científicas e a natureza do conhecimento. Consideram fatores sociais e culturais que podem influenciar crenças;
- e) mencionam a história da astronomia, incluindo modelos antigos e as contribuições de Copérnico;
- f) enfatizam a influência da massa e gravidade do Sol na órbita dos planetas;
- g) expressam dúvidas e incertezas sobre a verdade absoluta das teorias científicas;
- h) refutam o modelo geocêntrico, destacando as limitações e inconsistências.

Na terceira etapa, categorização, com a aplicação das regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência, identificamos que as categorias iniciais poderiam ser agrupadas, sem a perda de sentido, uma vez que ambas estão tratando da mesma perspectiva. As categorias A e C fazem uso da Compreensão do Movimento Aparente para a persuasão. As categorias B, E e F destacam fundamentos científicos citando contribuição histórica e/ou leis e teorias. Por fim, as categorias D, G e H destacam reflexões sobre o conhecimento e crenças ao levantarem questionamento acerca da validade das evidências científicas e considerações acerca de fatores sociais e culturais. Dessa forma, obtivemos as seguintes categorias:

- a) **compreensão do Movimento Aparente** – Aborda como a perspectiva do observador influencia a percepção do movimento da Terra e do Sol. Ela inclui o uso de analogias, as propostas de experimentos e as observações para comprovar o movimento da Terra.
- b) **fundamentos científicos** – Cita/reúne as bases científicas que sustentam a teoria heliocêntrica, como as leis de Kepler e a gravitação universal, que incluem a história da astronomia e as contribuições de figuras importantes, como Copérnico.

- c) **reflexões sobre Conhecimento e Crenças** – Explora as implicações epistemológicas e sociais do movimento da Terra, incluindo questionamentos sobre a validade da ciência e a influência de fatores sociais e culturais nas crenças.

Essas categorias proporcionaram uma análise das respostas dos alunos, para que possamos refletir sobre as diferentes abordagens adotadas ao responderem ao questionamento: **“Como provariam para alguém que a Terra gira em torno do Sol?”** Com as categorias redefinidas, visitamos as unidades de análise agora para categorizá-las. As etapas 4 e 5 são apresentadas em conjunto.

As respostas que foram categorizadas de acordo com a Compreensão do Movimento Aparente são apresentadas a seguir:

O Sol poderia sim estar girando em torno da Terra. Porém, não é o que acontece, porque do nosso ponto de vista, estamos parados e vemos o Sol se mover. Porém, para quem está no Sol, a Terra está se movendo em relação ao Sol. Assim como quando eu estou em um carro em movimento e vejo uma pessoa parada do lado de fora. Ela está se movendo em relação a mim. Porém, na realidade, quem está se movendo sou eu. Se os planetas realmente estivessem em uma órbita perfeita, não faria sentido Marte, em um momento, estar mais próximo da Terra e em outra, não. (Aluno 1)

Porque a Terra está se movendo e o Sol está parado. Por isso, essa impressão que o Sol está se movendo. (Aluno 3)

A Terra gira em torno do Sol porque seu centro de massa é muito maior e sua gravidade atrai a Terra. A falsa ilusão do Sol está se movendo e é uma falsa impressão. (Aluno 5)

Se eu fosse convencer alguém que a Terra gira em torno do Sol, como eu convenceria? Posso compartilhar fatos científicos sobre a Terra girar em torno do Sol, com os movimentos das estrelas e as pesquisas astronômicas, para aprofundar e saber mais do assunto. Devo pesquisar e fazer experimentos que levam que a Terra gire em torno do Sol. Sabendo mais sobre isso, podemos fazer o experimento igual a Gabriel e Maria, o experimento do carro em movimento e a pedra quando joga cai no mesmo lugar. Juntando tudo, podemos chegar em alguma resposta e eu posso até conseguir evidenciar alguém que a Terra gira em torno do Sol. (Aluno 6)

Eu faria suposições. Como o Sol nasce no horizonte e está se movendo, logo ele não está parado. Mas e se essa impressão fosse estipulada do Sol? Será que a Terra seguiria o padrão do Sol? Talvez. Tendo isso em mente, eu me perguntaria, como ocorrem as estações do ano? De um lado temos o inverno e de outro o verão, frio e quente. Se fizéssemos uma maquete e colocássemos o Sol no centro e a Terra em sua volta e supormos que ela faz alguns movimentos, percebemos que a Terra possivelmente giraria em torno do Sol. (Aluno 7)

Você conhece o modelo heliocêntrico? É um modelo proposto por Nicolau Copérnico, no qual a Terra gira em torno do Sol. Esse modelo heliocêntrico enfrentou muitos conflitos com aqueles que interpretavam literalmente o que estava na Bíblia, que afirmava que A Terra é o centro de tudo. Nesse modelo, o

movimento retrógrado ocorre naturalmente quando a Terra ultrapassa um planeta em órbita, mas sem a necessidade de círculos extras, além de complexos. Isso mostra que o movimento aparente dos corpos celestes resulta da rotação da Terra em torno do seu eixo, o que contradiz o modelo geocêntrico, no qual todos os planetas giram em torno da Terra diariamente. Por que então Vênus e Mercúrio aparecem próximos do Sol tanto pela manhã quanto pela tarde? Isso não faz sentido no modelo anterior, que sugeria que todos os planetas deveriam seguir órbitas perfeitas ao redor da Terra, além de contrariar de que Marte, Júpiter e Saturno deveriam acompanhar o movimento do Sol ao redor da Terra, em vez de orbitar o próprio Sol. (Aluno 8)

Eu daria o exemplo do veículo, que mesmo estando na Terra e não sentindo que estamos em movimento, estamos. O exemplo do veículo é quem está de fora vê se movendo e quem está dentro se sente parado. Então, nesse exemplo, veríamos quem está de fora na Terra se mover, mas ele está parado e quem está se movendo somos nós. (Aluno 15)

O Sol é o centro do sistema solar, mas na Terra vemos que o Sol se põe a oeste e nasce a leste. Então, não é o Céu que está se movendo? É porque vemos um tipo de ilusão do Sol se mover ao redor da Terra. O argumento é que tem uma ilusão que faz com que o Sol gire em torno da Terra, sendo que é o contrário com o modelo de Copérnico ou o modelo heliocêntrico. (Aluno 16)

Além de ser mais simples, é mais lógico o Sol permanecer parado e os demais planetas girarem em torno dele. Nós temos a impressão de que o Sol se move, mas realmente somos nós. (Aluno 17)

Por que o Sol está parado? Porque o seu centro de massa é maior e sua gravidade atrai a Terra. A falsa ilusão do Sol estar se movendo, é somente uma impressão. (Aluno 18)

Como provar que a Terra gira em torno do Sol? Além de ser mais simples, é mais lógico o Sol permanecer parado e os demais planetas giram em torno dele. Nós conseguimos ver, além do Sol, alguns planetas como Marte. Conseguimos ver ele se mover e dar pequenos laços no céu. Assim, em alguns momentos, ele está na nossa frente e, em outros, ele fica para trás de nós. Ou seja, os dois se movem juntos. Nós temos a impressão de que o Sol se move, mas realmente somos nós e não percebemos. Usamos como exemplo um automóvel em movimento. Quando estamos dentro dele, não sentimos que estamos nos movendo. Para nós, estamos parados. Da mesma forma é com o planeta. Ele está em movimento, mas não sentimos. (Aluno 19)

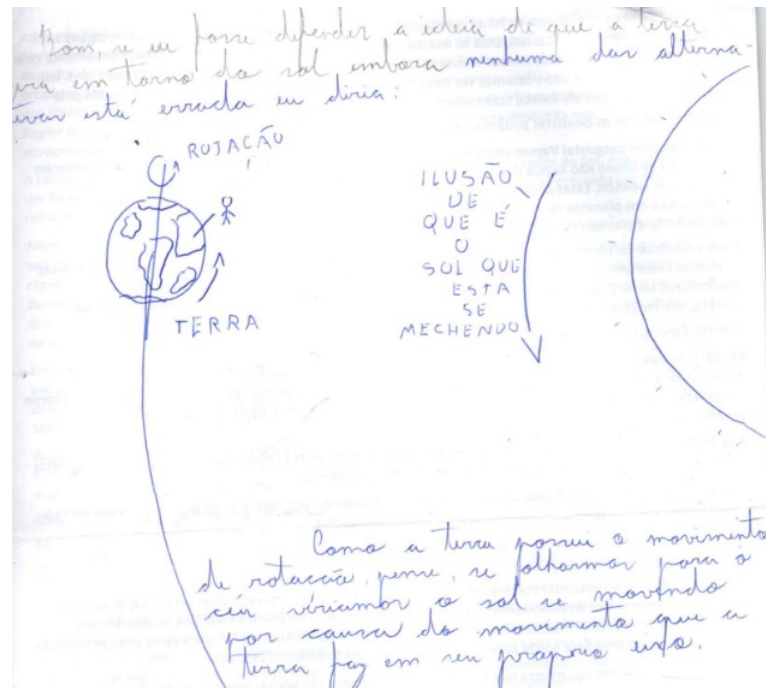
Porque a Terra está se movendo e o Sol está parado. Aí dá essa impressão. (Aluno 20)

Bom, se eu fosse defender a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, embora nenhuma das alternativas está errada, eu diria. Rotação, a Terra rotaciona e causa a ilusão de que o Sol está se mexendo. (Aluno 23)

A Terra gira em torno do Sol? Eu acho que o Sol gira em torno da Terra, porque quando eu estou andando, o Sol parece que está me seguindo. Mesma coisa da Lua, sem falar que o Sol vai se deslocando ao longo das horas. (Aluno 25)

Se eu fosse convencer alguém que a Terra gira em torno do Sol, eu falaria sobre o modelo heliocêntrico que foi desenvolvido por Copérnico. É a mais aceita pela sociedade. Apresentaria também algumas evidências científicas

Figura 5.1 – Resposta do Aluno 23.



Fonte: Autoria própria. (2023)

além da teoria heliocêntrica. Falaria sobre as observações astronômicas, as leis de Kepler e a explicação da gravidade. Falaria para fazer experimentos que a Maria fez com o Gabriel para observar o movimento aparente do sol ao longo do dia e compará-lo com as teorias onde ele nasce e ele se põe. (Aluno 31)

Como você provaria? Eu não acredito que o Sol que gira em torno da Terra, e sim que a Terra que se move em torno do Sol. Argumentos. Pensa comigo. Se estamos, eu e você, dentro de um ônibus em movimento, observamos uma pessoa parada do lado de fora. Não podemos considerar que ela está em movimento em relação a nós duas? Porque por mais que eu esteja se movendo junto comigo, você olha para o lado e eu estou parada. Diferente da pessoa que está do lado de fora, que parece que se move em relação a gente. E aí, no caso, o Sol seria essa pessoa, que mesmo parada pode parecer estar em movimento. (Aluno 32)

Das 34 respostas, em 16 os estudantes apresentam alguma situação que remete a compreensão do movimento aparente como o motivo para o qual é possível provar para outro que a Terra que orbita o Sol. Além disso, essas respostas evidenciam em 9 das 16 uma recorrência significativa, a da palavra “impressão” ou “ilusão”, indicando uma compreensão disseminada entre os alunos sobre a natureza relativa do movimento aparente do Sol. A expressão “essa impressão que o Sol está se movendo” (Aluno 3), por exemplo, reflete a percepção de que a Terra está em movimento, resultando na percepção de que o Sol se desloca. Alunos, como o 5, 16, 18 e 23, reforçam essa ideia, destacando que a impressão de movimento do Sol é uma ilusão

gerada pela perspectiva terrestre. Esses estudantes, de forma distinta dos demais, optaram por utilizar a palavra “ilusão” para descreverem essa percepção.

A utilização frequente desses termos sugere que os alunos reconhecem a importância da perspectiva relativa na interpretação dos fenômenos celestes. Ademais, alguns alunos, como o 25, associam diretamente a rotação da Terra à impressão de movimento do Sol, indicando uma compreensão mais aprofundada dos conceitos astronômicos. Assim, a repetição do termo “impressão” não apenas revela a presença da categoria Perspectiva Relativa nas respostas, mas também destaca a clareza com que os alunos articulam a relação entre movimento relativo e ilusão perceptiva.

Diferentemente dos demais alunos que consideram essa percepção como uma “falsa impressão”, um aluno utiliza o movimento relativo do Sol como base para afirmar o geocentrismo:

“A Terra gira em torno do Sol? Eu acho que o Sol gira em torno da Terra, porque quando eu estou andando, o Sol parece que está me seguindo. Mesma coisa da Lua, sem falar que o Sol vai se deslocando ao longo das horas” (Aluno 25).

Essa resposta evidencia que esse aluno adota uma perspectiva diferente, usando a observação do movimento aparente do Sol para sustentar a ideia de que o Sol gira em torno da Terra.

Além disso, alguns estudantes fazem uso de exemplos de observadores em movimento para comparar a movimentação percebida da Terra e do Sol, utilizando exemplos de observadores em movimento. Alunos, como o 1, 6, 7, 15, 19, 31 e 32, utilizaram a metáfora do carro em movimento para ilustrar como a Terra, mesmo em movimento, pode dar a impressão de estar imóvel para um observador na superfície terrestre. Essa analogia do veículo em movimento se torna uma forma eficaz de explicar a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, apesar de não sentirmos esse movimento. Além disso, a referência ao experimento de Gabriel e Maria (aluno 6 e aluno 31) reforça a abordagem da Perspectiva Relativa ao propor observações práticas para perceber o movimento aparente do Sol ao longo do dia. Assim, a prevalência dessas analogias sugere uma compreensão sólida e difundida da perspectiva relativa entre os alunos, demonstrando como eles incorporam conceitos complexos por meio de comparações simples e acessíveis, como aquelas envolvendo o movimento de um carro.

A ilustração presente na resposta do aluno 23 oferece uma representação visual de conceitos complexos, permitindo que informações sobre o movimento da Terra em torno do Sol sejam compreendidas de maneira mais acessível. Ao criar desenhos, gráficos ou diagramas, os

alunos organizam e estruturam dados relevantes ao tema, facilitando a comunicação e a compreensão de conceitos astronômicos, estimulando a criatividade dos alunos e incentivando-os a representarem conceitos científicos de maneira única.

As respostas dos alunos indicam uma correlação com os eixos da alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), que enfocam a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos essenciais. Os alunos demonstram entender a perspectiva relativa na interpretação dos fenômenos celestes, reconhecendo que a percepção do movimento do Sol é influenciada pela posição do observador na Terra. Isso reflete uma compreensão básica dos conceitos científicos relacionados ao movimento aparente, como a explicação de que a Terra orbita o Sol, mesmo que essa movimentação não seja percebida diretamente. Além disso, os alunos não apenas descrevem o fenômeno do movimento aparente, mas também refletem sobre sua natureza relativa e ilusória. Eles reconhecem a importância da perspectiva relativa na interpretação dos fenômenos astronômicos, questionando a validade de certas percepções e considerando como fatores sociais e culturais podem influenciar as crenças sobre o movimento do Sol.

Na segunda categoria, Fundamentos Científicos, incluem respostas que se fundamentam em evidências científicas, como a teoria heliocêntrica de Copérnico, observações astronômicas, leis de Kepler e a gravitação de Newton.

A teoria heliocêntrica proposta por Copérnico é posteriormente confirmada por conta de observações e evidências científicas. No texto apresentam diversas teorias, mas, no entanto, a teoria de Copérnico teve mais desenvolvimento e pode ser provada. O trabalho de Copérnico estabeleceu as bases para uma melhor compreensão. Percebemos que o Sol nasce de um lado e se põe de outro. Assim, podemos perceber a rotação da Terra. O Sol é como o centro do universo e a Terra seria sua órbita que se movimenta ao redor do planeta. (Aluno 2)

Cientistas contribuem com suas observações, análises e interpretações. As perspectivas distintas e as épocas diversas se unem para formar um panorama mais completo e preciso do mundo. As discrepâncias e as diferentes formas de observação se transformam em oportunidades de crescimento, permitindo que a ciência avance por meio da colaboração entre diferentes abordagens e visões (Aluno 4)

A Terra gira em torno do Sol porque seu centro de massa é muito maior e sua gravidade atrai a Terra. A falsa ilusão do Sol está se movendo e é uma falsa impressão. (Aluno 5);

Se eu fosse convencer alguém que a Terra gira em torno do Sol, como eu convenceria? Posso compartilhar fatos científicos sobre a Terra girar em torno do Sol, com os movimentos das estrelas e as pesquisas astronômicas, para aprofundar e saber mais do assunto. Devo pesquisar e fazer experimentos que

levam que a Terra gire em torno do Sol. Sabendo mais sobre isso, podemos fazer o experimento igual a Gabriel e Maria, o experimento do carro em movimento e a pedra quando joga cai no mesmo lugar. Juntando tudo, podemos chegar em alguma resposta e eu posso até conseguir evidenciar alguém que a Terra gira em torno do Sol. (Aluno 6);

Você conhece o modelo heliocêntrico? É um modelo proposto por Nicolau Copérnico, no qual a Terra gira em torno do Sol. Esse modelo heliocêntrico enfrentou muitos conflitos com aqueles que interpretavam literalmente o que estava na Bíblia, que afirmava que a Terra é o centro de tudo. Nesse modelo, o movimento retrógrado ocorre naturalmente quando a Terra ultrapassa um planeta em órbita, mas sem a necessidade de círculos extras, além de complexos. Isso mostra que o movimento aparente dos corpos celestes resulta da rotação da Terra em torno do seu eixo, o que contradiz o modelo geocêntrico, no qual todos os planetas giram em torno da Terra diariamente. Por que então Vênus e Mercúrio aparecem próximos do Sol tanto pela manhã quanto pela tarde? Isso não faz sentido no modelo anterior, que sugeria que todos os planetas deveriam seguir órbitas perfeitas ao redor da Terra, além de contrariar de que Marte, Júpiter e Saturno deveriam acompanhar o movimento do Sol ao redor da Terra, em vez de orbitar o próprio Sol. (Aluno 8)

A massa do Sol é de fato M vezes maior do que a Terra, aproximadamente 333 vezes mais maciça. Essa diferença maciça é o que mantém os planetas, incluindo a Terra, em órbita ao redor do Sol. Para esses fatos, acho que é óbvio que o Sol não girava em torno dos planetas. (Aluno 9);

O modelo é o mais aceito, e o sistema solar está em constante estudo e até hoje não foi provado ao contrário. (Aluno 11)

Ele usou o modelo de epiciclos e percebeu que colocando o Sol no meio ficaria mais fácil, pois colocando a Terra no meio haveria muitos movimentos estranhos. (Aluno 12)

O modelo heliocêntrico proposto por Nicolau Copérnico no século XVI é uma explicação científica aceita para o sistema solar e tem muitas evidências que comprovam. Observações astronômicas: Observações tanto no telescópio quanto a olho nu confirmam que os planetas orbitam em torno do Sol. As leis de Kepler: Essas leis descrevem de forma precisa os movimentos orbitais dos planetas em torno do Sol. A gravitação universal de Newton: deu uma explicação para os movimentos dos corpos celestes. Galileu: colabora com a sustentação do modelo heliocêntrico ao observar astros do sistema solar com sua luneta. Na descrição do sistema solar e sua capacidade de prever eventos celestes são argumentos condizentes para aceitar essa explicação como válida para o nosso sistema solar. (Aluno 13);

Apesar de antes do modelo não ter sido aceito por falta de provas e por ser algo novo, atualmente ela é mais aceita por muitos cientistas estiveram envolvidos no processo e Tycho coletou dados cruciais para e sobre os planetas, que ajudou a melhorar o modelo, mesmo ele não apoiando e também foram criadas várias leis: Tycho: ajudou coletando dados sobre os planetas, especialmente Marte, utilizando instrumentos criados por ele mesmo antes do telescópio. Johannes: usou os dados de Tycho e analisou-os dentro do modelo. Ele considerou que os planetas moviam em órbitas circulares, mas ao tentar ajustar o modelo não obteve sucesso, então representou as órbitas como eclipse. Ele criou três leis que descreviam matematicamente o movimento dos planetas. Lei das órbitas, que diz que os planetas se movem em órbitas elípticas,

contradizendo a visão de órbitas circulares, perfeitas propostas por Ptolomeu. Lei áreas, quanto mais perto o planeta estiver do Sol, mais rápido ele gira e quanto mais longe, mais lento. Lei harmônica, relação do período dos planetas com a distância deles do Sol. (Aluno 14);

Por que o Sol está parado? Porque o seu centro de massa é maior e sua gravidade atrai a Terra. A falsa ilusão do Sol estar se movendo, é somente uma impressão. (Aluno 18);

A Terra gira em torno do Sol devido à força gravitacional do Sol sobre a Terra. (Aluno 21);

A Terra se move em torno do Sol porque um cientista observou que Vênus e Mercúrio pareciam próximos do Sol pela manhã, quanto à tarde. O cara observou as luas de Júpiter, nisso ele descobriu que outros planetas tinham luas, isso tira que a Terra é única no universo e se o Sol girasse em torno da Terra, iria mudar muito o clima. (Aluno 24);

Se eu fosse convencer alguém sobre a Terra girar em torno do Sol, como eu convenceria? Um dos métodos que eu usaria é apresentar o método heliocêntrico, que é a teoria que o Sol é o centro, então a Terra gira em torno dele. As ideias de Maria, não ficaria para trás. Um teste é olhando com os próprios olhos, é uma boa forma de convencer. Mas, para mim, a melhor delas é observar, não precisa de equipamentos. Mas também existem informações científicas, evidências que comprovam vídeos e imagens confiáveis que demonstram a rotação. (Aluno 26);

Estrela dalva e a relação do Sol e outras estrelas. Esta estrela pode ser usada como ponto de referência para ver que o Sol está fixo. O tamanho do Sol em relação à Terra deixa a ideia sobre a gravitação universal de Newton, onde um corpo com mais massa em relação ao outro menor será atraído para sua órbita. Observações através de telescópio mostram que nem tudo gira ao redor do Sol. Este argumento foi realizado com observações através de luas de jupiter. (Aluno 28);

Se eu fosse convencer alguém que a Terra gira em torno do Sol, como eu faria? Eu falaria, primeiramente, sobre as teorias, todas as duas. O modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico. E a diferença entre esses dois modelos, que por sinal, são bem existidos. Mas eu apresentaria evidências científicas ou exemplos, observações astronômicas, fotografias do espaço e também explicações sobre os movimentos planetários. Eu faria dessa forma. (Aluno 30);

Se eu fosse convencer alguém que a Terra gira em torno do som, eu falaria sobre o modelo heliocêntrico que foi desenvolvido por Copérnico. É a mais aceita pela sociedade. Apresentaria também algumas evidências científicas além da teoria heliocêntrica. Falaria sobre as observações astronômicas, as leis de Kepler e a explicação da gravidade. Falaria para fazer experimentos que a Maria fez com o Gabriel para observar o movimento aparente do som ao longo do dia e compará-lo com as teorias onde ele nasce e ele se põe. (Aluno 31);

A posição do sol em relação às estrelas, é possível usar a estrela Dalva como ponto de referência fixo em relação ao sol; estações anuais com diferentes constelações em cada uma; o tamanho do sol em relação à terra, se o sol fosse do tamanho da terra, na distância mostrada na simulação, tivesse seu tamanho original, todos os planetas ao seu redor seriam incinerados; lei da atração,

novamente batendo na tecla do tamanho/massa do sol, de acordo com um filósofo, quanto maior a densidade, maior a atração, logo, não faria sentido algum o sol orbitar algo 100000x menor e menos denso q o próprio. Obviamente com os métodos de pesquisa atuais, é imensamente fácil pensar e entender a lógica disso, entretanto, quando essas teorias e observações foram pensadas, não há nada mais do que a própria observação, seja a olho nu ou por um pequeno telescópio. Se o sol orbitasse a terra, não haveria a astrologia, mudanças constantes de constelações ao longo do ano; a terra não possui densidade o suficiente para atrair todos os planetas do sistema solar para a sua órbita, se isso acontecesse, o mínimo que aconteceria era a colisão entre os planetas, a lua, outros asteroídes, etc; a terra no centro do sistema solar geraria intensas oscilações no seu fluxo pela galáxia ao longo de milhares de anos, sendo impossível haver um equilíbrio onde a terra se encontra no centro do sistema solar; com a terra na posição central do sistema solar, o efeito da lua na terra seria intensificado pelos outros planetas e o próprio sol (fazendo com que o sistema solar todo virassem satélites naturais) de forma que seria impossível o desenvolvimento dos animais terrestres. (Aluno 34)

Nas respostas anteriores, observa-se que os alunos fundamentam suas explicações no respaldo da teoria heliocêntrica de Copérnico, observações astronômicas, leis de Kepler e a gravitação de Newton. Além disso, as citações indicam uma compreensão das evidências científicas que sustentam o modelo heliocêntrico. Os alunos apresentam argumentos, como a influência da massa do Sol na órbita dos planetas (Aluno 8), a aceitação geral do modelo heliocêntrico (Aluno 11), a referência a observações astronômicas e leis científicas (Aluno 13) e a relação da rotação da Terra com a força gravitacional do Sol (Aluno 21). Outros destacam a importância das evidências visuais, como vídeos e imagens confiáveis (Aluno 26) e a relevância de observações astronômicas e fotografias espaciais (Aluno 30).

É interessante observar que alguns alunos (2, 4, 8, 11, 12, 13, 14, 24, 28, 30 e 31) também mencionam a história da aceitação do modelo heliocêntrico como ruptura do modelo geocêntrico. Essas respostas podem evidenciar a integração das perspectivas dos alunos na categoria a partir da aceitação do modelo heliocêntrico e das limitações do modelo geocêntrico. Observe a resposta do Aluno 2: “A teoria heliocêntrica proposta por Copérnico é posteriormente confirmada por conta de observações e evidências científicas. No texto apresentam-se diversas teorias, mas, no entanto, a teoria de Copérnico teve mais desenvolvimento e pode ser provada. O trabalho de Copérnico estabeleceu as bases para uma melhor compreensão. Percebemos que o Sol nasce de um lado e se põe de outro. Assim, podemos perceber a rotação da Terra. O Sol é como o centro do Universo e a Terra seria sua órbita que se movimenta ao redor do planeta”.

O estudante inicia sua resposta fundamentando a aceitação da teoria heliocêntrica, apoiando-se em observações, evidências científicas e no subsequente desenvolvimento da teoria. Contudo,

é evidente que em uma única resposta podem ser identificados elementos de várias categorias distintas. Nesse contexto, o mesmo aluno, ao abordar inicialmente os Fundamentos Científicos, transita para a Compreensão do Movimento Aparente ao argumentar “(...) Percebemos que o Sol nasce de um lado e se põe de outro. Assim, podemos perceber a rotação da Terra.” (Aluno 2).

Além disso, o aluno destaca: “No texto apresentam diversas teorias, mas, no entanto, a teoria de Copérnico teve mais desenvolvimento e pode ser provada. O trabalho de Copérnico estabeleceu as bases para uma melhor compreensão.”, evidenciando o entendimento do heliocentrismo como ruptura do geocentrismo, que inclui os alunos que refutam o modelo geocêntrico, ressaltando suas limitações e inconsistências. Essa transição na argumentação revela a capacidade de o aluno integrar diferentes abordagens, evidenciando uma compreensão abrangente do tema em análise.

Cada uma das respostas citadas oferece argumentos que questionam diretamente o paradigma geocêntrico predominante. O aluno 4, por exemplo, aborda a importância das perspectivas distintas e épocas diversas na formação de um panorama mais preciso do mundo, sugerindo uma transição para o modelo heliocêntrico.

Ademais, o aluno 8 cita as contradições entre o modelo heliocêntrico e geocêntrico, referenciando o movimento retrógrado nas duas perspectivas. Enquanto os alunos 13, 14 e 31 discutem a aceitação do modelo heliocêntrico, destacando suas respectivas dificuldades, utilizando o contexto de aceitação como um argumento relevante. Essa abordagem permite que considerem não apenas as dificuldades intrínsecas ao modelo, mas também a influência do contexto histórico e religioso da época. Ao mencionarem que o modelo heliocêntrico é aceito e está em constante estudo, os alunos reconhecem a transformação significativa na visão cosmológica que ocorreu com a aceitação do heliocentrismo.

Com base nas respostas dos alunos, foi possível identificar a presença dos eixos de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008).

Ao mencionar a teoria heliocêntrica de Copérnico, as observações astronômicas, as leis de Kepler e a gravitação de Newton, os alunos demonstram uma compreensão dos conceitos científicos fundamentais. Eles ancoram suas explicações nessas teorias e evidências científicas, mostrando um conhecimento dos termos e conceitos para entender o modelo heliocêntrico.

Os alunos refletem sobre a natureza da ciência ao mencionarem a evolução da teoria heliocêntrica, a aceitação geral do modelo heliocêntrico e as dificuldades associadas a essa

aceitação, o que pode indicar que eles reconhecem como os conhecimentos científicos são construídos ao longo do tempo e como a ciência se desenvolve mediante observações, evidências e argumentos coerentes.

Além disso, ao discutirem as limitações do modelo geocêntrico e as implicações históricas e religiosas associadas à aceitação do modelo heliocêntrico, os alunos exploram os fatores éticos e políticos que circundam a prática científica. Eles consideram as implicações mais amplas da ciência na sociedade e como esses fatores podem influenciar a aceitação e o desenvolvimento de teorias científicas. Isso implica entender como a ciência se relaciona com a sociedade e como fatores externos podem influenciar as visões científicas predominantes.

Por fim, as respostas que englobam a última categoria, Reflexões sobre Conhecimento e Crenças, abordam dúvidas sobre a confiabilidade da ciência e o impacto de fatores culturais e sociais nas crenças. As três respostas nessa categoria contemplam considerações sobre fatores sociais e culturais que possam influenciar as crenças dos alunos em relação à teoria heliocêntrica. Essa categoria permite uma análise mais profunda das atitudes dos alunos, explorando suas reflexões sobre os aspectos filosóficos e sociais envolvidos no processo de aceitação ou rejeição de modelos científicos.

Diferentemente das outras categorias, as quatro respostas abrangidas pela última categoria, Reflexões sobre Conhecimento e Crenças, serão apresentadas individualmente, permitindo uma análise individual. Essa abordagem possibilitará uma compreensão aprofundada das dúvidas expressas pelos alunos em relação à confiabilidade da ciência e de que maneira fatores sociais e culturais influenciam suas crenças em relação à teoria heliocêntrica.

A base de argumentos e profundidade ao assunto mais a pergunta é, como ter certeza que os cientistas estarão certos sobre a teoria que eles encontram sobre o mundo? Será que tudo o que descobrem é realmente real? Será que sempre estarão certos? Qual é realmente o ponto que os cientistas querem enxergar sobre o mundo? Será que o modelo heliocêntrico é realmente verdade? Como podemos ter essa certeza? Os estudos não poderiam estar errados? Pois acho que ninguém realmente descobrirá sobre o mundo, pois ninguém descobrirá realmente a beleza do mundo da qual Deus criou. Ninguém saberá ao certo por qual motivo o mundo foi criado. E ninguém nunca saberá, pois ninguém saberá o que realmente passou na cabeça de Deus e qual foi exatamente as belezas do mundo que ainda não foi descoberto. (Aluno 10)

A resposta do aluno 10 reflete uma complexa problemática contemporânea relacionada à aceitação de teorias científicas, mesmo quando respaldadas por evidências concretas. Ao questionar a certeza da ciência e introduzir uma perspectiva religiosa, o aluno destaca como as crenças pessoais podem ser obstáculos para a aceitação de novas evidências científicas. A

hesitação em aceitar o modelo heliocêntrico, apesar das evidências disponíveis, mostra como convicções arraigadas e a influência de fatores culturais e religiosos podem perpetuar resistências à mudança.

A Terra gira em torno do Sol? Eu acho que o Sol gira em torno da Terra, porque quando eu estou andando, o Sol parece que está me seguindo. Mesma coisa da Lua, sem falar que o Sol vai se deslocando ao longo das horas. (Aluno 25)

O aluno 25 fundamenta sua posição com base em observações cotidianas e percepções pessoais, evidenciando uma conexão direta entre suas experiências e suas crenças sobre o movimento celeste. Essa resposta revela não apenas uma discordância com a teoria heliocêntrica, mas também evidencia uma reflexão crítica sobre como as observações do cotidiano podem influenciar a formação de crenças em relação aos fenômenos astronômicos.

O argumento do movimento aparente, que sugere que o Sol parece seguir o observador durante o deslocamento, pode ser utilizado tanto para sustentar a visão geocêntrica quanto para explicar o movimento aparente na perspectiva heliocêntrica. Portanto, as percepções pessoais, embora sejam valiosas, podem ser interpretadas de maneiras distintas, destacando a importância de considerar uma variedade de evidências e perspectivas na formação de conclusões sobre fenômenos astronômicos complexos.

Se uma pessoa viesse e afirmasse que a Terra gira em torno do Sol, eu falaria que eu acredito que é o Sol que fica parado e a Terra que gira. Mas se você acredita, está tudo bem. Pois o modelo heliocêntrico que explica que é a Terra que gira em torno do Sol... Exemplo. Entre no carro e jogue uma pedra para cima. O carro vai e a pedra vai para trás. Também já foi comprovado que o Sol e o Centro e a Terra e os outros planetas giram em torno do Sol. Foi confirmado em jornais, fotos e na internet. Eu acho burrice você ou qualquer outra pessoa acreditar, mas se você quiser, vai estudar para descobrir. Eu não sou professor de Física e nem de Astronomia. Amo essa área... Mas é demais... Procure estudar mais sobre isso. (Aluno 27)

A resposta do aluno 27 apresenta uma abordagem contraditória, pois, inicialmente, ele expressa uma atitude de aceitação dizendo “Mas se você acredita, está tudo bem”, indicando uma postura tolerante em relação a diferentes crenças. No entanto, essa atitude contradiz a declaração seguinte, em que ele afirma “Eu acho burrice você ou qualquer outra pessoa acreditar”. Essas expressões contrastantes podem ser interpretadas como uma ambiguidade na posição do aluno.

No contexto da categoria “Reflexões sobre Conhecimento e Crenças”, essas contradições revelam uma complexidade na forma como o aluno lida com diferentes perspectivas. A

atitude inicial de aceitação reflete uma compreensão da diversidade de opiniões, mas a subsequente rotulação de “burrice” sugere uma visão crítica em relação a determinadas crenças. Ao mencionar a importância de estudar para descobrir a verdade, o aluno sugere que o conhecimento embasado em estudo é preferível. Essa parte da resposta reflete uma postura mais alinhada com a busca por fundamentação e evidências, indicando um reconhecimento da importância do método científico e do rigor na formação de crenças. Portanto, a resposta do aluno 27 pode ser interpretada como uma tentativa de conciliar a aceitação da diversidade de crenças com uma valorização do estudo como meio de buscar compreensão mais aprofundada e fundamentada.

Quando os alunos questionam a ciência e suas evidências, estão desafiando diretamente o primeiro eixo, que se relaciona com a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. Essas dúvidas podem indicar uma necessidade de esclarecer conceitos mal compreendidos ou lacunas no conhecimento dos alunos sobre os princípios científicos. Além disso, as dúvidas dos alunos também estão intimamente ligadas ao segundo eixo, que envolve a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. Ao questionarem a confiabilidade da ciência, os alunos estão, de certa forma, explorando a ética e a política por trás da prática científica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, buscamos analisar, na perspectiva da professora-pesquisadora, o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) na construção de conhecimentos de estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre a Revolução Copernicana. Ao longo do estudo, identificamos a importância de criar um ambiente de aprendizado que desperte o interesse dos estudantes, mesmo diante de eventuais resistências e dificuldades encontradas.

Durante o seu desenvolvimento, deparamo-nos com desafios desde o princípio. A resistência dos alunos ao material, especialmente em relação à leitura, era uma realidade comum na escola. Alguns demonstraram relutância em ler, enquanto outros revelaram uma ausência de hábito de leitura. No entanto, mesmo diante dessa resistência, percebemos a urgência de prestar uma atenção mais cuidadosa a esse aspecto, reconhecendo a importância da leitura como uma ferramenta fundamental para a construção do conhecimento científico.

Construir um processo para favorecer a alfabetização científica implica em desenvolver estratégias educacionais que estimulem a compreensão dos conceitos científicos, promovam a habilidade de leitura e interpretação de textos científicos e incentivem a participação ativa dos alunos nas discussões e atividades práticas (Sasseron, 2018).

Com isso, o replanejamento da SEA incluiu uma organização que teve como objetivo proporcionar tempo suficiente para que o professor pudesse adaptar a leitura do material. Essa adaptação permitiu contemplar todos os alunos, garantindo que cada estudante acompanhasse o conteúdo de maneira acessível e inclusiva. Essa modificação permitiu uma abordagem mais aprofundada e flexível, possibilitando diferentes formas de leitura, seja oral, individual ou combinada, conforme as necessidades dos alunos e do professor. A ampliação do tempo também viabilizaria a sistematização mais detalhada de conceitos e a reflexão sobre as questões propostas.

A ideia de uma aula de 100 minutos oferece espaço não apenas para a leitura do capítulo, mas também para a exploração ativa do conteúdo, seja por meio de discussões, atividades práticas ou análise de materiais visuais. A sugestão de incluir questões de reflexão ao longo do capítulo, em vez de apenas no final de cada capítulo, visa orientar os alunos durante a leitura, incentivando a reflexão contínua e a compreensão gradual dos temas abordados, contribuindo para uma prática científica de investigação.

No âmbito do replanejamento da SEA, é importante ressaltar que, embora o número de aulas seja considerável, a diversidade de conceitos de física abordados oferece uma oportunidade para o professor explorar diferentes temas. As sugestões apresentadas estão na sequência, mas nada impede que o docente utilize a narrativa como base para introduzir e destacar outros conceitos que considerar relevantes e pertinentes ao contexto da turma. Essa flexibilidade permite uma maior adaptação do material às necessidades específicas de cada grupo de alunos, enriquecendo ainda mais o processo de ensino e aprendizagem.

Assim, a flexibilidade na sequência e o destaque de conceitos adicionais amplia a abrangência da SEA, indo além do que inicialmente foi delineado. Com isso, buscamos alcançar o objetivo da pesquisa, pois evidencia a capacidade da sequência didática de se adaptar às necessidades específicas de cada grupo de alunos, garantindo uma abordagem mais completa e personalizada ao tema da Revolução Copernicana e do heliocentrismo como uma ruptura do geocentrismo.

Considerando a reflexão sobre essas estratégias à luz dos eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2008), podemos chegar a algumas conclusões. No que diz respeito à compreensão dos conceitos científicos, foi fundamental reconhecer a importância da leitura como ferramenta fundamental para a construção do conhecimento científico. Ao ajustar as atividades para otimizar o tempo de leitura e promover discussões mais aprofundadas, buscamos maximizar a compreensão dos conceitos apresentados, alinhando-se assim com a necessidade de estimular a compreensão dos conceitos científicos.

A partir da compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos envolvidos, o desenvolvimento das atividades também foi relevante. Adotamos uma abordagem que incentivava os alunos a explorarem e questionarem a natureza do conhecimento científico de forma mais ampla. Ao deixarmos as atividades em aberto e incentivarmos os alunos a investigarem a natureza do pensamento científico, permitimos que expressassem suas opiniões e visões individuais de forma mais livre. Isso proporcionou uma oportunidade para que refletissem sobre suas próprias crenças e concepções, bem como para considerarem as influências externas, como valores culturais, religiosos ou familiares, em sua compreensão da ciência e suas implicações.

Ao reconhecer a importância não apenas de fornecer informações científicas, mas também de abordar questões filosóficas e culturais para promover uma compreensão mais abrangente das teorias científicas, nosso trabalho integrou diversos elementos que permeiam a edu-

cação científica. Ao explorar a História e Filosofia da Ciência, especialmente no contexto da Revolução Copernicana, percebemos como essas disciplinas podem proporcionar discussões sobre a natureza da ciência e seu desenvolvimento ao longo do tempo, revelando indícios de alfabetização científica.

A compreensão da Revolução Copernicana não é apenas um marco na história da astronomia, mas também um elemento-chave na construção do pensamento crítico e da alfabetização científica. Isso porque desafiou concepções estabelecidas, estimulando a análise reflexiva sobre a natureza da ciência e como o conhecimento é construído (Carvalho; Nascimento; Silva, 2017). Essa abordagem se estende à nossa discussão sobre como abordar temas de astronomia em sala de aula, reconhecendo a necessidade de uma sequência didática que vá além da transmissão de fatos científicos para incorporar uma reflexão sobre a natureza da ciência e seu impacto cultural. Ao articular as observações astronômicas com questões filosóficas e históricas, podemos proporcionar aos alunos uma compreensão mais contextualizada do Universo e de como o conhecimento científico é construído e contestado ao longo do tempo.

Além disso, ao analisarmos o papel da professora como pesquisadora de sua prática, destacamos a importância da interação entre teoria e prática na formação de educadores. Por meio dessa interação, a professora não apenas aprimora suas habilidades pedagógicas, mas também desenvolve uma compreensão mais profunda do processo de ensino e aprendizagem. Portanto, ao integrar essas diversas perspectivas, buscamos não apenas promover a alfabetização científica, mas também cultivar uma comunidade de aprendizagem enraizada na investigação, na reflexão e no diálogo crítico. A análise dos dados, na perspectiva da professora-pesquisadora, permitiu compreender o impacto da SEA no desenvolvimento dos estudantes em relação ao tema proposto.

Dessa maneira, a proposta da sequência didática se alinha com os eixos de alfabetização científica, tanto na sua estrutura quanto nas interações entre alunos e professores. A SEA proporcionou uma oportunidade para trabalhar não apenas aspectos científicos, mas também aspectos da natureza da ciência. Ao integrar tais elementos, a SEA revelou-se uma ferramenta para promover uma compreensão mais contextualizada da Revolução Copernicana, contribuindo para o desenvolvimento da alfabetização científica.

REFERÊNCIAS

- 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 (Bauru)**, SciELO Brasil, v. 11, p. 1–15, 2005.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. The episodic historical narrative as a structure to guide inquiry in science and nature of science education. *In: Proceedings of the 10th International Conference on History of Science & Science Education*. Minneapolis, MN: [s.n.], 2014.
- ALVES, F. R. J. Do referencial geocêntrico ao heliocêntrico: Ciência, modernidade e ensino (from the geocentric reference to the heliocentric: Science, modernity and teaching). **Revista GeoNordeste**, XXIX, n. 1, p. 125–144, Jan 2018. ISSN 2318-2695. Artigos.
- ANDRÉ, M. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAEEBA-Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 40, p. 95–103, 2013.
- BAGDONAS, A.; SILVA, C. C. Controvérsias sobre a natureza da ciência na educação científica. *In: Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 213–224.
- BALDOW, R.; SILVA, A. P. T. B. Galileu, kepler e suas descobertas: análise de uma peça teatral vivenciada com estudantes do ensino fundamental e médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 45–68, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARTELMÉBS, R. C. Resenhando as estruturas das revoluções científicas de thomas kuhn. 2012.
- BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Vínculos epistemológicos entre saberes da ndc e o contexto investigativo da tradição de pesquisa grega antiga sob a lente da solução de problemas de larry laudan. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e37848–30, 2022.
- BATISTA, R. F.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de ciências. **Estudos avançados**, v. 32, p. 97–110, 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- Brasília, D. F. **Base Nacional Comum Curricular**. 2022. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 2024.
- CARVALHO, A. M. P. de. Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In: CARVALHO, A. M. P. de (Ed.). Ensino de Ciências por investigação – Condições para implementação em sala de aula*. [S.l.]: Cengage Learning, 2013. p. 152.

- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765–794, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. de; SANTOS, E. I.; AZEVEDO, M. C. P. de S.; DATE, M. P. de S.; FUJI, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. **Calor e Temperatura - um ensino por investigação**. [S.l.]: Livraria da Física, 2014.
- CARVALHO, H. R. de; NASCIMENTO, L. A. do. Copérnico e a teoria heliocêntrica: Contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de ciências. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 27, p. 7–34, 2019.
- CARVALHO, H. R. de; NASCIMENTO, L. A. do; SILVA, B. V. da C. Uso de textos históricos para uma abordagem pedagógica sobre a natureza da ciência. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 23, p. 7–37, 2017.
- COHEN, I. B.; COSTA, M. A. G. D. **O nascimento de uma nova física**. Lisboa: Gradiva, 1988.
- FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Líber Livro, 2008.
- GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. Astronomia na sala de aula: por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v. 9, 2010.
- GARCÍA, C. M. Desenvolvimento profissional docente: passado e futuro. **Revista de ciências da educação**, v. 8, p. 7–22, 2009.
- GERMANO, M. G. **Uma nova ciência para um novo senso comum**. [S.l.]: EdUEPB, 2011.
- GRIMBERG, C. **Historia Universal**. Roma. Madrid: Daimon, 1983. 385 p.
- GURGEL, I. **Elementos de uma poética da ciência: fundamentos teóricos e implicações para o ensino de ciências**. Tese de Doutorado, 2010.
- GUÇÃO, M. F. B. **História e Filosofia da Ciência na formação inicial de professores de Física: contrastes, impressões e vivências a respeito do conceito de ciência**. Tese (Tese de Doutorado) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, Brasil, 2017.
- HOLTON, G.; RUTHERFORD, F. J.; WATSON, F. G. (Ed.). **Projeto Física – HARVARD. Unidade 2: Movimento nos céus**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980. v. 2.
- JUNIOR, P. D. C.; SILVA, C. C. Relações articuladoras: viabilizando o uso instrumental do losango didático em sequências de ensino-aprendizagem. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, 2020.
- KOESTLER, A. **O homem e o universo**. [S.l.]: Ibrasa, 1989.
- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. [S.l.: s.n.], 2007.
- KUHN, T. **Revoluções Científicas**. [S.l.]: Perspectiva, 1978.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, v. 2, p. 75–92, 2005.

- LIMA, M. S. L.; PIMENTA, S. G. Estágio e docência: diferentes concepções. **Revista Poésis Pedagógica**, v. 3, n. 3 e 4, p. 5–24, 2006.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. **Em Aberto**, v. 5, n. 31, 1986.
- MARTÍNEZ, Y. G. **Configurando narrativas históricas y preguntas directrices, para un abordaje sistémico sobre la Revolución Copernicana: una propuesta para fortalecer la alfabetización científica**. Tese (Tese de Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016.
- MARTINS, R. **O Universo. Teorias sobre sua origem e evolução**. [S.l.]: Livraria da Física, 2012.
- MARTINS, R. **História da Astronomia – Material de aula**. [S.l.]: Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, 2015.
- MARTINS, R. d. A. **O universo: teorias sobre sua origem e evolução**. [S.l.]: Editora Moderna, 1994.
- MEHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004.
- MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7–32, 1999.
- MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da ciência**, v. 7, n. 1, p. 32–46, 2014.
- PASSOS, M. D.; NEVES, J. A. **A TERRA ÓRBITA O SOL OU O SOL ÓRBITA A TERRA?: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**. [S.l.], 2024.
- PERES, R. S.; SANTOS, M. A. Considerações gerais e orientações práticas acerca do emprego de estudos de caso na pesquisa científica em psicologia. **Interações**, X, n. 20, p. 109–126, 2005.
- PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, SciELO Brasil, v. 7, p. 125–153, 2001.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 49–67, 2015.
- SASSERON, L. H. **Práticas em aula de ciências: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação**. Tese de Doutorado, 2018.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, p. 97–114, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.

SETLIK, J.; HIGA, I. Contribuições e dificuldades de práticas de leitura e escrita para ensinar e aprender física no ensino médio: reflexões à luz da cultura escolar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 449–482, 2019.

SILVA, E. L.; WARTHA, E. J. Estabelecendo relações entre as dimensões pedagógica e epistemológica no ensino de ciências. **Ciência Educação**, v. 24, p. 337–354, 2018.

SIMON, R. d. A. **Do geocentrismo à gravitação universal: proposta e implementação de uma sequência didática para o ensino médio**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Carlos, Brasil, 2016.

TEZA, R. d. S. Geocentrismo versus heliocentrismo: Um debate alÉM do centro do universo. 2021.

VILELA, M. V. F.; SILVA, J. da; SOUZA, M.; PEREIRA, C. Reflexões históricas e epistemológicas sobre a trajetória da ciência e suas implicações para o ensino de ciências: Contribuições do estudo de temas cts à luz da hfc em prol da superação de imagens distorcidas do trabalho científico. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e55410918422–e55410918422, 2021.

ZABALZA, M. A. **Diários de aula: contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores**. Porto: Porto Editora, 1994.

ZABALZA, M. A. **Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 206 p.

ZANETIC, J. **Gravitação – Notas de aula**. [S.l.]: Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 1995.

ZEICHNER, K. M. Uma análise crítica sobre a "reflexão" como conceito estruturante na formação docente. **Educação & Sociedade**, v. 29, p. 535–554, 2008.

APÊNDICE A – Revolução Copernicana

Neste material, exploraremos o contexto histórico da revolução copernicana e sua relevância na astronomia e na ciência. Para isso, analisaremos estudos realizados por vários pesquisadores renomados, incluindo Holton, Rutherford e Watson (1980), Martins (1994), Martins (2012), Martins (2015) e Cohen e Costa (1988), como referências importantes para o contexto histórico em questão. Além disso, destacamos como contribuições significativas os trabalhos de Martínez (2016), Simon (2016). Alves (2018) e Carvalho e Nascimento (2019) que abordam discussões sobre estratégias de ensino relacionadas à revolução copernicana e enriqueceram nossa compreensão acerca do tema. Essas contribuições desempenharam um papel fundamental nesta pesquisa, buscando compreender tanto a história quanto a importância científica dessa revolução, ao mesmo tempo em que fornecem recursos e estratégias para um ensino desses temas.

Geocentrismo: Sistema Aristotélico-Ptolomaico

Diante de observações celestes feitas durante nossa história, surge o debate histórico sobre o posicionamento central da Terra no universo, permeando aspectos filosóficos, religiosos e culturais. Antes de consolidarmos o modelo Heliocêntrico, onde o Sol é o centro do nosso Sistema Solar, muitas civilizações conceberam interpretações que consideravam a Terra como o centro do cosmos. A transição para uma compreensão heliocêntrica enfrentou desafios teológicos, resistência filosófica e a carência de evidências observacionais precisas. Esta ruptura estabelece as bases para uma análise crítica dos movimentos celestiais, explorando as tensões históricas e as mudanças conceituais que culminaram em nossa compreensão atual.

Há mais de dois mil anos, na Grécia antiga, o filósofo Aristóteles (384 a.C– 322 a.C.) já debatia e apresentava argumentos sobre a forma da Terra e o movimento dos Astros. Apesar do filósofo não ter utilizado muitos cálculos quantitativos em sua abordagem, seu interesse em entender o universo o levou a apresentar argumentos em favor da concepção de uma Terra redonda e estática, posicionada no centro do universo, com outras esferas celestes orbitando ao seu redor (Martins, 1994). Além dele, vários astrônomos gregos fizeram contribuições significativas nesse período, culminando na teoria geocêntrica desenvolvida por Cláudio Ptolomeu de Alexandria por volta de 150 d.C. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

As teorias de Aristóteles e as observações dos antigos Gregos orientaram o pensamento da época e influenciaram na compreensão dos movimentos astronômicos. Cláudio Ptolomeu baseou-se neles para, matematicamente e geometricamente, propor um modelo astronômico elaborando uma teoria bem detalhada acerca dos movimentos dos planetas. O Modelo Geocêntrico de Ptolomeu, que também será conhecido como o sistema “aristotélico-ptolomaico”, teve grande influência no conhecimento científico, permanecendo válido por muito tempo.

No seu livro *Almagest*, Ptolomeu explora a distinção entre o que é evidente e o que é apenas aparente, valendo-se de demonstrações geométricas para aplicar as implicações desses conceitos. Em sua visão, o céu assume uma forma esférica e movimenta-se de maneira esférica, enquanto a Terra, centrada geometricamente no universo, apresenta uma forma sensivelmente esférica. Holton, Rutherford e Watson (1980) destaca que, apesar de acreditar na centralidade da Terra, Ptolomeu introduz o Centro excêntrico, deslocando o centro geométrico em uma posição excêntrica. Essa abordagem justifica o movimento aparentemente irregular do Sol ao longo do ano por meio de uma órbita excêntrica.

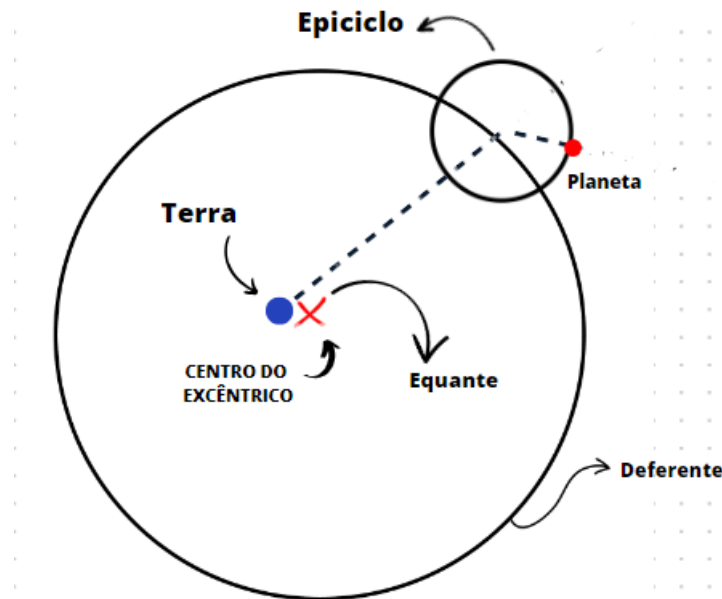
A cosmologia geocêntrica de Ptolomeu permitiu a construção de vários conceitos e diferentes percepções, constituindo um modelo de universo baseado na realidade observada. Até este momento, o sistema de epiciclos e deferentes parecia suficientemente eficaz. Ele explica não apenas o movimento retrógrado, mas também o aumento do brilho dos planetas durante esse movimento. Quando um planeta está dentro do epiciclo durante seu movimento retrógrado, ele ocupa uma posição mais próxima da Terra, tornando-se aparentemente mais brilhante. Holton, Rutherford e Watson (1980) destaca esse último fato como um bônus inesperado, uma vez que o modelo não foi concebido para explicar esse fenômeno.

No estudo de Alves (2018), destaca-se a adequação experimental do modelo geocêntrico, baseada em nossas primeiras impressões e percepções imediatas. As observações diretas, seja a olho nu ou com instrumentos trigonométricos da época, fundamentaram as teorias subsequentes. Ptolomeu, reconhecendo a limitação de seu modelo ao reproduzir com precisão os movimentos planetários, introduziu o conceito do equante, conforme Figura 1, buscando uma explicação mais refinada para as variações observadas na posição dos corpos celestes na Terra (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Apesar do uso de taxas uniformes de movimento angular em torno de pontos específicos e da habilidade de Ptolomeu em deslocar esses pontos para ajustar suas observações, o modelo enfrentava desafios. O emprego de epiciclos de grande magnitude, especialmente para explicar

os movimentos lunares, resultava em variações irrealistas no tamanho aparente da Lua. Ptolomeu, no entanto, não considerava seu modelo uma representação física real do universo, mas sim uma ferramenta matemática para calcular as posições celestes, o que contribuiu para sua aceitação. (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

Figura 1 – Modelo Excêntrico de Ptolomeu



Fonte: Holton, Rutherford e Watson (1980)

Apesar de sua complexidade, especialmente ao lidar com o movimento peculiar de Marte, o modelo ptolomaico permaneceu amplamente aceito por aproximadamente 1500 anos. O sucesso duradouro do modelo geocêntrico de Ptolomeu pode ser atribuído à sua capacidade de prever com precisão as posições do Sol, da Lua e dos planetas, proporcionando uma base confiável para a navegação, calendários e astrologia. Além disso, o modelo se alinhava com as filosofias gregas predominantes e incorporava elementos de senso comum, tornando-o intuitivamente compreensível para a sociedade da época. A conformidade do modelo ptolomaico com a síntese entre a fé cristã e a física aristotélica também contribuiu para sua aceitação duradoura em uma sociedade profundamente influenciada pela Igreja Católica. No entanto, à medida que novas evidências surgiam e pensadores começavam a questionar suas limitações, o modelo heliocêntrico de Copérnico emergiu como uma alternativa mais simples e precisa, desafiando as crenças geocêntricas estabelecidas. Mesmo assim, é crucial reconhecer as contribuições significativas do modelo geocêntrico de Ptolomeu para a compreensão do cosmos ao longo de séculos.

Heliocentrismo: Sistema Copernicano

Na transição para a Idade Moderna nos séculos XVI e XVII, a Europa testemunhou uma notável explosão intelectual e uma reorganização do conhecimento científico. Os pensadores europeus, agora mais independentes, começaram a explorar novas perspectivas do mundo. Holton, Rutherford e Watson (1980) detalha o ressurgimento da visão heliocêntrica do universo, que marcou o início da revolução copernicana.

No século XVI, Nicolau Copérnico, um astrônomo polonês (1473-1543), emergiu em meio a um período de incerteza e mudança na Europa, marcado pelo surgimento das monarquias, do capitalismo, das grandes navegações e das controvérsias entre o catolicismo e o protestantismo (Grimberg, 1983). Nessa época, prevalecia o modelo cosmológico geocêntrico de Ptolomeu, que colocava a Terra no centro do universo. Copérnico, admirador de Ptolomeu, discordava de certos princípios e criticava a complexidade das teorias planetárias, como equantes específicos, propostas por Ptolomeu e outros astrônomos. Ele questionava a verdadeira eficácia dessas teorias, sugerindo a necessidade de uma abordagem diferente para compreender os movimentos celestes.

As convicções de Copérnico incluíam a ideia de que o Sol, como principal fonte de luz, deveria ocupar o centro do universo. Ele via o sistema de Ptolomeu como irregular e excessivamente complexo, o que o motivou a buscar alternativas (Martins, 1994).

Por outro lado, conforme os estudos de Zanetic (1995), também havia outros problemas astronômicos que não podiam ser explicados dentro do paradigma dominante do Geocentrismo, tais como:

- a) por que Vênus e Mercúrio sempre eram vistos próximos ao Sol?

No modelo geocêntrico, onde a Terra estava no centro, seria esperado que todos os planetas se movessem uniformemente ao redor da Terra. No entanto, a observação mostrava que Vênus e Mercúrio sempre apareciam próximos ao Sol, tanto na fase da manhã quanto da tarde. Isso contradizia a ideia de que todos os planetas deveriam se mover em órbitas perfeitas ao redor da Terra.

- b) por que Marte, Júpiter e Saturno podiam ser vistos em oposição ao Sol?

Outra observação desafiadora era o fato de que Marte, Júpiter e Saturno ocasionalmente eram vistos em posição oposta ao Sol no céu. No modelo geocêntrico, isso não seria possível, pois os planetas deveriam sempre acompanhar o movimento do Sol ao redor da

Terra. A oposição desses planetas sugeria que eles possuíam órbitas próprias e independentes da Terra.

c) como explicar a separação dos planetas em relação ao Sol?

Uma questão adicional era a separação dos planetas em relação ao Sol no céu. No modelo geocêntrico, todos os planetas deveriam estar sempre próximos uns dos outros, uma vez que todos estavam em órbita ao redor da Terra. No entanto, a observação mostrava que os planetas podiam se afastar consideravelmente uns dos outros em diferentes momentos. Essa separação apontava para a possibilidade de cada planeta ter sua própria órbita ao redor do Sol.

Essas observações desafiadoras impulsionaram a busca por modelos alternativos, como o heliocentrismo proposto por Copérnico. Os estudiosos da época também detectaram erros frequentes no calendário juliano, baseado no modelo geocêntrico. Diante disso, surgiu um sério questionamento sobre esse modelo, levando a Igreja a procurar intelectuais capazes de oferecer explicações divino-rationais para as inconsistências. Copérnico, ao reformular o calendário juliano, reconheceu a necessidade de uma revisão na astronomia aristotélico-ptolemaica, dada as incertezas nos movimentos celestes (Koestler, 1989)

Segundo Zanetic (1995), Copérnico desafiou as reflexões de Ptolomeu ao propor um sistema com mais de trinta excêntricos e epiciclos para explicar a estrutura do universo e o movimento dos planetas. Sua obra "De Revolutionibus", assim como o "Almagest" de Ptolomeu, envolvia leitura complexa e extensas análises geométricas.

Essas perguntas e observações foram desafiadoras para o Geocentrismo, impulsionando a busca por modelos alternativos, como o heliocentrismo proposto por Copérnico, que forneciam explicações mais adequadas para esses fenômenos astronômicos.

No entanto, embora Copérnico tenha buscado criar uma versão aprimorada do modelo cosmológico estabelecido por Ptolomeu, ele reconheceu a contribuição valiosa das observações e dados numéricos realizados por seu antecessor. (Holton; Rutherford; Watson, 1980). A comparação entre as obras de Copérnico e Ptolomeu destaca a importância da colaboração entre cientistas ao longo da história. No entanto, apesar de ter utilizado muitas das observações de Ptolomeu, seu sistema diferia do de Ptolomeu em aspectos fundamentais. A principal diferença foi a adoção de um centro no Sol.

A proposta de posicionar o Sol como o centro do universo como uma tentativa de explicar fenômenos que o geocentrismo não conseguia já havia sido apresentada por pensadores

há muitos anos antes da era cristã, como Aristarco de Samos (310 a.C. - 230 a.C.) (Holton; Rutherford; Watson, 1980). No entanto naquela época, Aristarco não dispunha de argumentos suficientes para romper com a tradição de pensamento e superar o paradigma dominante do geocentrismo. Isso nos leva a perceber que ideias postuladas no passado podem ressurgir e ser aproveitadas no presente ou no futuro.

Abaixo estão listadas as hipóteses assumidas por Copérnico em seu sistema, conforme apresentadas por Holton, Rutherford e Watson (1980, p. 36):

- a) não há um centro geométrico preciso para todas as esferas celestes;
- b) o centro da Terra não é o centro do universo, mas apenas o centro da gravidade e da esfera lunar;
- c) todas as esferas se movem ao redor do Sol, o que coloca o Sol em uma posição central no universo;
- d) a distância entre a Terra e o Sol é extremamente pequena em comparação com a distância das estrelas;
- e) qualquer movimento aparente no céu não tem origem no movimento das esferas celestes, mas sim no movimento da Terra. A Terra, juntamente com a água e o ar que a compõem, realiza uma rotação completa em torno de seus polos fixos a cada dia, enquanto o céu permanece imutável;
- f) o movimento aparente dos planetas em sentido retrógrado não surge de seus próprios movimentos, mas do movimento da Terra. Os movimentos da Terra, por si só, são suficientes para explicar uma variedade de movimentos aparentes observados no céu.

Diferente do sistema ptolomaico, a partir da segunda exigência, Copérnico propõe o Sol como o centro do nosso sistema, com os planetas, incluindo a Terra, movendo-se ao seu redor. Copérnico então inicia o abandono do geocentrismo, o qual fica mais claro na terceira exigência, onde o Sol, embora não seja colocado exatamente no centro dos orbs, fica quase em uma posição central.

Essa abordagem introduz uma nova perspectiva de mundo, conhecida como modelo heliocêntrico, na qual a Terra e a humanidade deixam de ocupar o centro do universo. Apesar das diferenças em relação ao modelo geocêntrico, muitos elementos do modelo antigo foram mantidos. Copérnico ainda acreditava em órbitas transparentes, que se encaixavam umas dentro das outras ao girar. A principal diferença é que o modelo heliocêntrico considera que os planetas giram em torno do Sol, e não da Terra (Martins, 1994).

De acordo com Martins (1994), foi Copérnico o pioneiro em estabelecer quais eram as distâncias reais dos planetas. A estrutura observada por ele, é até hoje a estrutura mais aceita. A partir do Sol, teríamos os planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno sendo a última delas a mais alta das esferas, ficam as estrelas fixas. Além disso, conseguiu comparar as distâncias da Terra em relação ao Sol, com outros planetas.

De acordo com Holton, Rutherford e Watson (1980), uma abordagem nova para analisar observações já conhecidas pode oferecer sugestões de novos tipos de observações a serem realizadas ou novas aplicações de dados conhecidos. Copérnico utilizou seu modelo, que apresentava a Terra em movimento, para obter dois resultados significativos que eram impossíveis de serem concluídos pela teoria ptolomaica. Pela primeira vez, isso permitiu obter uma escala das dimensões do universo. Ele foi capaz de calcular: (a) o período do movimento de cada planeta ao redor do Sol, presente na Tabela 1, e (b) as dimensões das órbitas de cada planeta, comparadas à dimensão da órbita da Terra.

Tabela 1 – Comparativo dos valores estimados por Copérnico com os valores atuais

Planeta	Valor de Copérnico	Valor Atual
Mercúrio	88 dias	87,97 dias
Vênus	224 dias	224,70 dias
Marte	687 dias	686,98 dias
Júpiter	11,8 anos	11,86 anos
Saturno	29,5 anos	29,46 anos

Fonte: Holton, Rutherford e Watson (1980)

Como constatado por Holton, Rutherford e Watson (1980), Copérnico estava ciente de que seu trabalho pareceria absurdo para muitas pessoas, quase contrário ao senso comum humano. Por esse motivo, ele tentou de várias maneiras satisfazer os argumentos contrários a uma Terra em movimento. Copérnico, por exemplo, alegou ter conduzido análises cuidadosas, comparáveis às de seus antecessores. Além disso, ele defendeu que suas hipóteses estavam em harmonia com os dogmas teológicos, assim como as de Ptolomeu. Tanto para Copérnico quanto para muitos cientistas da época, os eventos complexos observados no cosmos eram meros símbolos do pensamento divino. A busca pela ordem e simetria nas variações observadas era considerada um ato de devoção, uma vez que esses elementos eram percebidos como evidências da existência de Deus. Mesmo com sua teoria contribuindo futuramente para o conflito entre a doutrina religiosa e a ciência, Copérnico acreditava que sua teoria estava em harmonia com

a fé religiosa e não esperava que isso gerasse controvérsias ou divisões. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Copérnico enfrentou diversas objeções em relação à teoria heliocêntrica e ofereceu respostas a muitas delas. Essas objeções foram listadas por Martínez (2016):

Objecção 1) Se a Terra girasse, ela se quebraria e todas as coisas seriam lançadas para fora dela.
Refutação de Copérnico à objecção 1: Por que o céu não se quebra se o seu movimento é mais rápido? Além disso, se a Terra gira e não se quebra, é porque é um movimento natural e não violento.

Objecção 2) Se a Terra girasse, os pássaros e as nuvens seriam vistos como se movessem para o oeste.

Refutação de Copérnico à objecção 2: O ar e as coisas que estão nele movem-se juntamente com a Terra. Além disso, apenas o ar que está mais próximo da superfície da Terra é o que se move com ela.

Objecção 3) Os movimentos naturais dos 4 elementos são lineares e radiais em relação ao universo.

Refutação de Copérnico à objecção 3: Os corpos esféricos tendem a girar naturalmente. Os movimentos lineares não são naturais, ocorrem apenas para trazer um corpo de volta ao seu lugar natural. Os movimentos "circulares" são os únicos harmoniosos, perfeitos e naturais. Os corpos terrestres acompanham o movimento natural de rotação da Terra, seja quando caem ou quando sobem.

Objecção 4) Ausência de paralaxe estelar. Uma pergunta que foi feita era por que não se pode observar mudanças na posição relativa das estrelas se a Terra orbita ao redor do Sol?

Refutação de Copérnico à objecção 4: O raio do universo deve ser muito maior do que o pensado pelos antigos gregos. Assim, as estrelas estão tão distantes que é impossível observar a paralaxe.

Outras objeções ao sistema copernicano, sem refutação ou resposta do autor, foram:

Objecção 5) O sistema copernicano, ao descentralizar a Terra em repouso defendida no sistema aristotélico-ptolemaico, enfrenta o desafio de uma nova física para explicar os fenômenos de uma Terra em movimento.

Objecção 6) O sistema copernicano, ao propor que a Terra é apenas mais um planeta, eliminava a divisão entre o céu e a Terra, e assim, a ideia de perfeição e corrupção.

A partir disso, a proposta copernicana marcou o início de uma revolução científica que se estenderia por mais de 100 anos e que não se restringiria apenas aos aspectos astronômicos.

Essa revolução, consolidada por meio das contribuições de muitas outras pessoas, teria um impacto profundo na forma como o homem ocidental compreenderia a natureza (Kuhn, 1978). É possível observar através dessas objeções, que Copérnico desafiava completamente o dogma religioso dominante.

Com isso, Copérnico destacou a principal vantagem de seu sistema: uma descrição simples dos movimentos planetários. Ele enfatizou a beleza e a gratificação que encontrava na simplicidade de seus modelos, ressaltando que a prática científica não se resume a um exercício lógico, mas está repleta de sentimentos de harmonia e beleza. Além disso, Copérnico viu a posição central dada ao Sol em seu sistema como algo notável, reconhecendo sua importância como a fonte de luz, calor e vida. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

No entanto, embora o sistema de Copérnico parecesse simples, não apresentava vantagens científicas claras em comparação com a teoria geocêntrica. Não havia observações conhecidas que fossem explicadas exclusivamente pelo sistema copernicano. Copérnico tinha uma perspectiva diferente, mas não introduziu novos tipos de observações ou dados experimentais que não pudessem ser explicados pela teoria existente. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Copérnico propôs um sistema de referência com o Sol no centro, convidando os leitores a considerarem essa perspectiva para descrever as observações astronômicas. Holton, Rutherford e Watson (1980) ressaltam que embora os físicos modernos reconheçam que todos os sistemas de referência são igualmente válidos na descrição dos fenômenos, alguns são mais convenientes do que outros para análise e reflexão. O sistema heliocêntrico defendido por Copérnico e seus seguidores era visto como correto em um sentido absoluto, assim como a visão geocêntrica era defendida pelos oponentes. No entanto, a escolha do sistema de referência não é uma questão de certo ou errado, mas de conveniência e praticidade. (Holton; Rutherford; Watson, 1980) Diferentes pessoas podem adotar diferentes sistemas com base em suas considerações filosóficas e necessidades práticas. A determinação do sistema de referência envolve considerações matemáticas e a busca pela melhor abordagem para análise e reflexão.

Outro desafio, destacado por Holton, Rutherford e Watson (1980), para o modelo de Copérnico foi a não observação de um desvio anual nas estrelas fixas. O desvio anual refere-se à aparente mudança na posição das estrelas fixas ao longo do ano, conforme observado da Terra. No modelo geocêntrico de Ptolomeu, o movimento das estrelas fixas era considerado circular e uniforme ao redor da Terra. Portanto, a não observação desse desvio anual nas estrelas fixas

estava de acordo com o modelo geocêntrico aceito na época e representava um desafio para o modelo heliocêntrico de Copérnico.

Isso porque, sua explicação de que as estrelas estavam a uma distância muito maior do que o Sol era considerada inaceitável na época. Essa ideia desafiava a compreensão da época, que não estava acostumada a conceber extensões tão vastas de espaço. Para os oponentes de Copérnico, essa explicação era considerada absurda. Além disso, o autor observa que mesmo que um desvio anual nas estrelas fosse observado naquela época, essa observação não seria considerada evidência definitiva contra uma das teorias. Normalmente, uma teoria pode ser modificada para acomodar observações conflitantes de maneira mais ou menos satisfatória.

Devido à falta de evidências astronômicas conclusivas a favor das teorias de Ptolomeu e Copérnico, o foco se voltou para o problema da posição central e imóvel da Terra. Apesar dos esforços de Copérnico, ele não conseguiu convencer a maioria de seus contemporâneos de que seu sistema heliocêntrico refletia o propósito divino tão bem quanto o sistema geocêntrico. (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

Isso porque sua teoria entrava em contradição com toda a tradição cultural e religiosa da época, assim como também, com as nossas próprias percepções imediatas. Afinal, se não sentimos nenhum movimento da Terra como ela estaria se movendo? Se eu enxergo o Sol se movendo, como ele está parado no Centro? Dessa forma, até que a teoria fosse amplamente aceita, ela foi amplamente ignorada e considerada incapaz de descrever a realidade.

A simples suposição de que a Terra não era o centro do universo já era por si só ofensiva. No entanto, o sistema de Copérnico ia além, sugerindo que os outros planetas eram semelhantes à Terra. Isso ameaçava o conceito de uma natureza celestial intrinsecamente diferente da terrestre. Temia-se que, em seguida, algum indivíduo irresponsável afirmasse que o Sol e as próprias estrelas eram feitos dos mesmos materiais terrestres. Se outros corpos celestes, dentro ou fora do nosso sistema solar, fossem semelhantes à Terra, isso poderia implicar a possibilidade de eles serem habitados. Dessa forma, o sistema proposto por Copérnico trouxe profundas questões filosóficas que não eram abordadas pelo sistema ptolomaico.

Após as ideias de Copérnico, tornou-se possível encontrar respostas para alguns dos problemas que o geocentrismo não conseguia resolver, e alguns desses exemplos são citados por Martínez (2016):

- a) se a Terra gira em torno de seu eixo, o movimento diário dos corpos celestes (Lua, Sol, estrelas e planetas) é apenas aparente (guiado diretamente pelos nossos sentidos);

- b) os planetas, tendo um período de revolução em torno do Sol diretamente proporcional à sua distância em relação ao Sol, teriam uma evidente velocidade relativa entre si. Portanto, o movimento retrógrado observado da Terra é apenas aparente;
- c) com base no item anterior, pode-se deduzir que cada vez que um planeta passar próximo à Terra, seu brilho em relação a ela será mais intenso;
- d) a partir do sistema copernicano, é possível obter a sequência de afastamento dos planetas em relação ao Sol.

Holton, Rutherford e Watson (1980), ressalta que a contribuição de Copérnico atualmente é lembrada mais pelo desafio que ele lançou ao quadro existente do universo, do que pelos detalhes específicos de sua teoria. Sua teoria se tornou o principal catalisador da revolução intelectual que abalou a humanidade e a retirou de sua visão egocêntrica do universo. Paralelamente, o novo sistema heliocêntrico despertou uma nova autoconfiança e curiosidade em relação ao universo. A aceitação de uma ideia revolucionária baseada em pressupostos totalmente novos é um processo gradual e muitas vezes desafiador. No entanto, a introdução de novas ideias estimula novas observações e conceitos, podendo levar a avanços extremamente úteis ou à reformulação da teoria revolucionária original. Esse processo contínuo de questionamento e exploração é essencial para o progresso científico e para uma compreensão mais profunda do universo em que vivemos.

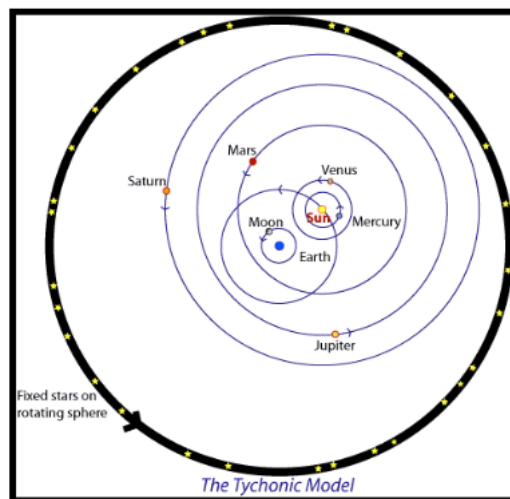
Após a publicação do último manuscrito de Copérnico, sua teoria não teve um impacto imediato na sociedade e no pensamento intelectual. No entanto, com a entrada em cena de Johannes Kepler e Galileo Galilei, a defesa dos postulados de Copérnico ganhou mais força. Com isso, não pretendemos sugerir que não houve outras tentativas de apoio ao copernicanismo antes de Kepler e Galileu, após a publicação muitos cientistas dedicaram-se ao estudo e coleta de evidências que pudessem apoiar ou refutar essa teoria.

Um desses cientistas foi Tycho Brahe (1546-1601), que utilizou instrumentos de observação por ele mesmo fabricados para coletar dados que permitiram estudos mais aprofundados sobre esse modelo. Tycho decidiu produzir tabelas astronômicas mais precisas e começou a estudar astronomia a partir da leitura do "Almagesto" de Ptolomeu. O astrônomo questionou as teorias antigas sobre os céus e estrelas fixas ao observar um evento astronômico incomum. Ele utilizou instrumentos precisos para determinar que uma "nova estrela" observada estava na esfera das estrelas, desafiando assim as crenças estabelecidas de que as estrelas eram objetos fixos e imutáveis na esfera celeste. Posteriormente, a observação de um cometa confirmou ainda mais

seus estudos e levou a debates entre seguidores de diferentes pensadores (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Por sua vez, Brahe estabeleceu as bases para uma nova teoria do movimento planetário: um modelo híbrido do universo que seria uma versão alternativa aos sistemas geocêntrico aristotélico-ptolemaico e heliocêntrico copernicano. Nesse novo modelo, a Lua e o Sol giravam em torno da Terra, enquanto os outros planetas - Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno - giravam em torno do Sol, representado na Figura 2. Mesmo Tycho não publicando detalhes quantitativos de sua teoria, desenvolveu um modelo que, em sua visão, incorporava os aspectos mais vantajosos dos sistemas de Ptolomeu e Copérnico (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Figura 2 – Modelo astronômico de Tycho Brahe



Fonte: Carvalho e Nascimento (2019)

Embora Tycho Brahe não acreditasse completamente na hipótese heliocêntrica de Copérnico, suas observações dos planetas foram de extrema importância para a compreensão do modelo como o conhecemos hoje. Os dados que ele obteve naquela época foram muito relevantes e, mesmo após sua morte, serviram como objeto de estudo para grandes cientistas. Um desses cientistas foi seu colaborador Johannes Kepler (1571-1630), um defensor da teoria copernicana, que desenvolveu seus estudos com base nos diversos dados deixados por Tycho, analisando-os à luz do modelo heliocêntrico (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

De acordo com Holton, Rutherford e Watson (1980), Kepler e Tycho se encontraram em Praga em janeiro de 1600 e, apesar de suas diferenças socioeconômicas e de personalidade, iniciaram uma colaboração intelectual que não durou muito anos. Brahe faleceu logo depois em

1601, de maneira com que Kepler então se tornou o "herdeiro" dos dados e tabelas compilados por Brahe. O autor ainda destaca sobre o grande desejo de Kepler de aperfeiçoar a teoria Heliocêntrica.

Através dos dados que ele obteve de Marte, onde foi possível determinar as diferentes posições da Terra, e com isso a sua órbita, Kepler lutou durante um ano e meio para reproduzir as observações de Marte feitas por Tycho Brahe, realizando árduas tentativas. Apesar de conseguir reproduzir o movimento de Marte em longitude, ele enfrentou dificuldades na latitude. Mesmo com o melhor ajuste obtido, ainda havia uma diferença de oito minutos de arco em relação às posições observadas. Essa diferença, embora pequena, correspondia a cerca de um quarto do diâmetro da Lua. Kepler não desprezou essa discrepância e buscava uma explicação mais precisa para os movimentos planetários.

Kepler chegou à conclusão de que a órbita planetária não era circular e que não existia um ponto fixo em torno do qual o movimento fosse uniforme. Com acesso às observações mais precisas disponíveis, Kepler enfrentava o desafio de desenvolver uma teoria que pudesse explicar os fenômenos observados. Ele reconheceu que era necessário recomeçar do zero e responder a duas perguntas fundamentais: qual era a forma da órbita de Marte e como a velocidade do planeta variava ao longo de sua órbita. Essas questões foram o ponto de partida que impulsionou Kepler em sua incansável busca para formular as leis que governam o movimento dos planetas (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

Kepler observou que a órbita da Terra era semelhante a um círculo com o Sol ligeiramente descentralizado. De acordo com Holton, Rutherford e Watson (1980), ele utilizou gráficos e registros da posição aparente do Sol ao longo do ano para determinar a posição da Terra em sua órbita e sua velocidade. Essas observações permitiram a Kepler estabelecer uma relação entre a posição da Terra e sua velocidade em diferentes pontos da órbita. Ele observou que a Terra se movia mais rapidamente quando estava mais próxima do Sol e mais lentamente quando estava mais distante. Kepler formulou a "Lei das Áreas", que estabelece que a linha que une o Sol ao planeta varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo. Essa lei se mostrou uma ferramenta poderosa para a previsão das posições planetárias ao longo das órbitas

Segundo Holton, Rutherford e Watson (1980), a formulação da Lei das Áreas por Kepler desempenhou um papel fundamental em seu trabalho, uma vez que descrevia as taxas de movimento relativas da Terra e de Marte em diferentes pontos de suas órbitas. No entanto, Kepler percebeu que essa regra não era aplicável a Marte ao supor uma órbita circular. Diante disso,

ele concentrou seus esforços em entender a forma precisa da órbita de Marte, a fim de aprimorar sua compreensão do movimento planetário.

Kepler realizou uma determinação relativamente precisa das dimensões e da forma da órbita de Marte, constatando que ela não era circular em torno do Sol. Em sua busca por uma descrição mais simples, ele concluiu que a trajetória planetária era semelhante a uma curva oval. Após meses de esforço para compreender essa forma, Kepler finalmente constatou que a órbita de Marte era uma elipse, uma curva simples que já havia sido estudada pelos gregos dois mil anos antes. (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

A “lei das órbitas elípticas”, portanto, descarta a ideia do movimento circular perfeito, que havia sido aceita por cerca de 2000 anos, ao afirmar que os planetas se movem em órbitas elípticas ao redor do Sol. Essa constatação revolucionária rompeu com o paradigma estabelecido e abriu caminho para uma compreensão mais precisa dos movimentos celestes.

A partir da constatação de que as órbitas planetárias são elípticas, levantou-se a questão sobre por que a natureza favorecia essa forma em vez de outras. A resposta só foi encontrada quando Newton apresentou a lei da gravitação universal, quase oitenta anos depois, mostrando que as órbitas elípticas eram uma consequência necessária de uma lei mais geral da natureza. (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

Como constatado por Holton, Rutherford e Watson (1980) as leis de Kepler são aceitas como regras empíricas que descrevem o movimento dos planetas com base em observações. A lei das órbitas estabelece que as trajetórias dos planetas em relação ao Sol são elípticas, fornecendo todas as posições possíveis que um planeta pode ocupar, levando em consideração seu tamanho e excentricidade. Por sua vez, a lei das áreas descreve como a velocidade angular varia à medida que a distância em relação ao Sol muda. As duas leis se complementam, permitindo determinar a posição e a velocidade angular de um planeta em qualquer instante, passado ou futuro, com base na dimensão, excentricidade da órbita e um ponto de referência. Essas leis também permitem calcular a posição do planeta vista da Terra em um determinado momento.

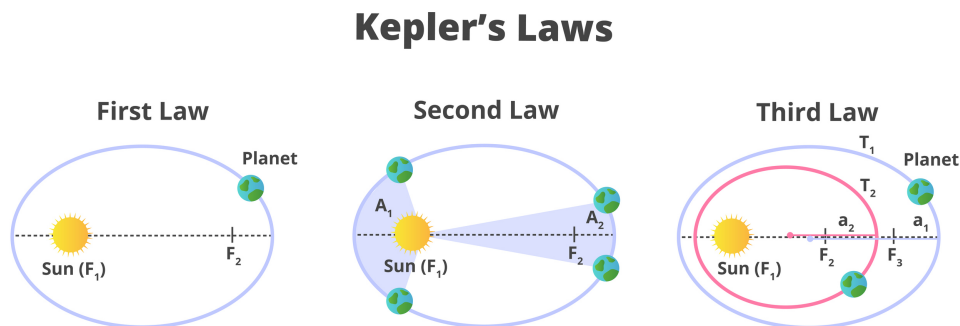
Kepler publicou as primeiras duas leis em 1609, mas ainda buscava uma relação que ligasse os movimentos de todos os planetas. Ele estava convencido de que as órbitas e velocidades observadas não eram acidentais, mas havia uma regularidade subjacente a todos os movimentos do sistema solar. Sua busca obstinada por uma terceira lei que relacionasse todas as órbitas planetárias ilustra a perseverança necessária na ciência. A crença na compreensibilidade

das leis da natureza é uma fonte de inspiração científica e manteve Kepler motivado, apesar das dificuldades pessoais que enfrentou. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Impulsionado por seu idealismo em relação à harmonia cósmica, Kepler se deparou com uma questão desafiadora: qual seria a relação entre a distância de um planeta ao Sol e o tempo necessário para completar uma volta ao redor da estrela? Em sua busca por uma solução, ele recorreu a valores de distância média ao Sol e períodos de revolução de cada um dos planetas "descobertos" até aquela época.

Com isso, muitos anos depois, Kepler formulou sua terceira lei: a lei harmônica, relação do período dos planetas, com a distância deles até o sol. Esta lei estabelece que planetas com órbitas maiores se movam de forma mais lenta em torno do Sol e, portanto, isso significa que a força entre o Sol e o planeta fica menor com a distância ao Sol. Observe a Figura 3 abaixo referente as três leis de Kepler:

Figura 3 – As três leis de Kepler



Fonte: Petr Roudny (2023)

As leis de Kepler permitiram determinar as posições passadas e futuras de planetas e cometas de forma mais simples e precisa do que os métodos geométricos utilizados por Ptolomeu, Copérnico e Tycho. Kepler resolveu o problema astronômico que intrigou muitos estudiosos ao longo dos séculos, baseando-se no ponto de vista de um universo centrado no Sol, apesar de abandonar os artifícios geométricos de Copérnico. Em 1627, ele publicou tabelas astronômicas que combinavam as observações de Tycho com as três leis, permitindo cálculos precisos das posições planetárias em qualquer momento. Essas tabelas foram utilizadas por cerca de um século até serem substituídas por observações telescópicas mais precisas (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Além disso, as leis de Kepler tiveram um impacto significativo na modificação e influência da astronomia antiga, moldando o entendimento atual da disciplina. No entanto, de acordo com Holton, Rutherford e Watson (1980), reconhece-se que Kepler tinha um entendimento incompleto sobre a natureza das forças responsáveis pelo movimento celeste. Embora as contribuições de Kepler tenham sido importantes para a época, elas não ofereceram uma explicação convincente sobre os motivos pelos quais os planetas se movem em órbitas elípticas, varrem áreas iguais em tempos iguais e mantêm uma relação entre distância e período.

Em 1627, Kepler finalmente publicou um conjunto de tabelas astronômicas que combinavam as observações de Tycho com as três leis que ele havia postulado. Essas tabelas permitiam cálculos precisos das posições planetárias em qualquer momento passado ou futuro. Durante cerca de um século, essas tabelas foram amplamente utilizadas até que observações telescópicas mais precisas substituíssem as de Tycho (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Além de suas contribuições científicas nas áreas da matemática e da astronomia, Kepler também descreveu o sistema de Copérnico em um livro. Nessa descrição, ele fez modificações com base em seus próprios estudos, tornando o sistema mais completo e preciso. Essa obra de Kepler se tornou popular e amplamente difundida, o que impulsionou um interesse crescente e uma maior aceitação do modelo heliocêntrico, com o Sol como centro do sistema planetário. Para Holton, Rutherford e Watson (1980), suas contribuições foram fundamentais para a mudança de paradigma na concepção do universo e para a aceitação cada vez maior do modelo heliocêntrico.

Kepler buscava demonstrar que o movimento dos planetas era regido por uma única força, comparando-o ao funcionamento de um relógio. Inicialmente, ele considerou a influência de forças magnéticas originárias do Sol, mas essa ideia provou ser incorreta. No entanto, Kepler identificou corretamente que uma única força desvia as trajetórias dos planetas, fazendo-os percorrer órbitas fechadas. Embora ele não compreendesse completamente a natureza dessa força, seu trabalho representou uma mudança na abordagem científica ao buscar explicações físicas para os movimentos planetários, em contraste com as explicações baseadas em almas ou modelos geométricos. Essa abordagem dinâmica marcou o início de uma importante característica da ciência física moderna (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Enquanto Copérnico e Tycho estavam satisfeitos com modelos geométricos que previam as posições planetárias, Kepler foi um dos primeiros a investigar as causas dinâmicas por trás desses movimentos. (Holton; Rutherford; Watson, 1980). Para Holton, Rutherford e Watson

(1980) o surgimento desse novo interesse em explicações físicas na ciência marca uma mudança significativa na abordagem científica. Anteriormente, muitas teorias e explicações baseavam-se em conceitos filosóficos, metafísicos ou religiosos para compreender os fenômenos naturais. No entanto, com o trabalho de Kepler e outros cientistas da época, houve uma transição para a busca de explicações baseadas em causas físicas observáveis e mensuráveis.

Galileu (1564-1642) desempenhou um papel fundamental na transformação da nossa compreensão do universo. Por meio do uso de instrumentos astronômicos avançados, como o telescópio, trazendo considerações que foram revolucionárias. Galileu estudou parte da ótica envolvida no trabalho de polimento de espelhos e construiu seu instrumento óptico. Seu primeiro telescópio fez os objetos parecerem três vezes mais próximos do que a olho nu. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

No entanto, é importante esclarecer que Galileu não foi o inventor do telescópio, mas sim um dos primeiros cientistas a utilizá-lo de maneira sistemática e a realizar considerações astronômicas significativas por meio de suas observações. Antes de Galileu, outros astrônomos como Simón Marius e Thomas Harriot já haviam observado o céu com instrumentos que ampliavam os astros. (Cohen; Costa, 1988). No entanto, Galileu foi o primeiro a publicar suas considerações.

Dentre as observações de Galileu, Holton, Rutherford e Watson (1980) destaca:

- a) a Lua não é exatamente esférica e sua superfície não é perfeitamente lisa. Pelo contrário, está repleta de irregularidades, como crateras, saliências, montanhas e vales;
- b) a Via Láctea consistia de milhares de estrelas tênues, contrariando a ideia de que as estrelas existiam apenas para iluminar a noite. A observação de Galileu contradizia a crença de que as estrelas existiam apenas para a visão humana noturna. A quantidade de estrelas além das visíveis a olho nu era muito maior do que se esperava, o que questionava a ideia de que as estrelas tinham um propósito exclusivamente iluminativo;
- c) a existência de "4 novas estrelas" que nunca tinham sido observadas antes, e após duas semanas de observação, concluiu que essas eram luas do planeta Júpiter;
- d) a observação de manchas solares, que revelou que assim como a lua, o Sol não era perfeito. Ele projetou a imagem do Sol em um painel e pôde constatar essa imperfeição;
- e) Vênus exibia todas as fases, assim como a Lua. Isso indicava que Vênus orbitava em torno do Sol, apoiando as teorias de Copérnico e Tycho, em vez de permanecer sempre entre a Terra e o Sol, conforme acreditavam os astrônomos ptolomaicos.

Os estudos de Galileu colaboraram muito para que conseguíssemos romper com a visão que tínhamos anteriormente. Através de instrumentos astronômicos cada vez mais precisos, como o telescópio, através dos estudos de Galileu sobre a existência de luas que orbitam em torno de Júpiter, implicava a Terra não ser tão “especial”. Isso porque, assim como nela, existiam satélites naturais que orbitam outros planetas. Dessa forma, as observações de Galileu sugeriram um céu diferente e imperfeito, desvinculando a ideia de que o mundo celeste fosse algo totalmente distinto do mundo Terrestre (Martins, 1994).

Em cada momento, ele observava dezenas, senão centenas, de novas estrelas nunca antes vistas pelo homem. A constatação dos satélites de Júpiter foi uma das mais importantes de Galileu, provocando grande inquietação. Seu livro "O Mensageiro das Estrelas" foi um sucesso imediato, com 140 volumes vendidos tão rapidamente quanto podiam ser impressos. Essa evidência científica também resultou em uma enorme demanda por telescópios e trouxe grande fama popular a Galileu. (Holton; Rutherford; Watson, 1980)

Galileu observou que suas observações apoiavam o sistema heliocêntrico de Copérnico, mas não foram a causa de sua crença nesse sistema. No Diálogo Sobre os Dois Grandes Sistemas Universais, Galileu apresentou argumentos baseados em hipóteses autoevidentes, em vez de depender exclusivamente de observações. Para Holton, Rutherford e Watson (1980) Galileu adotou o movimento da Terra porque considerava o sistema heliocêntrico mais simples e elegante. Ele também destacou que, em outros casos, cientistas podem aceitar ou rejeitar ideias com base em convicções pessoais, sentimentos ou preferências, sem necessariamente ter confirmação experimental.

Curiosamente, Galileu não utilizou as leis de Kepler em seus argumentos. No entanto, suas observações forneceram novas evidências em apoio a essas leis. Ao determinar os períodos das quatro luas de Júpiter, Galileu percebeu que o período de revolução aumentava à medida que a órbita do satélite aumentava (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

As observações feitas com o telescópio poderiam ser vistas como uma oportunidade para derrubar as objeções à teoria de Copérnico. No entanto, muitas pessoas não estavam preparadas para aceitar essa nova perspectiva. Com isso, Galileu enfrentou grande oposição e resistência por parte dos seguidores da filosofia aristotélica ao apresentar seus argumentos em favor do sistema heliocêntrico de Copérnico. Os aristotélicos acreditavam que a teoria de Copérnico era falsa e contraditória com a observação e o senso comum, e se recusavam a considerar essa teoria como uma possibilidade válida. Alguns críticos argumentavam que as observações feitas

com telescópios não poderiam ser consideradas confiáveis devido a essas possíveis distorções e limitações técnicas (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Holton, Rutherford e Watson (1980) destaca que essa oposição se deveu ao fato de que a aceitação do modelo heliocêntrico implicava em questionar muitas das crenças estabelecidas e ideias de senso comum da época. Isso incluía abandonar a ideia de que a Terra estava no centro do universo e confrontar a possibilidade de que o universo não havia sido criado especificamente para a humanidade. A resistência dos aristotélicos à teoria de Copérnico resultou em uma controvérsia acalorada contra os argumentos de Galileu.

Em 1606 Galileu foi intimado pela Inquisição a cessar o ensino da teoria heliocêntrica de Copérnico, que ia contra as Sagradas Escrituras. O livro de Copérnico foi proibido e suspenso, e Galileu teve restrições impostas em relação à sua defesa da teoria. Apesar de adotar uma abordagem diferente de Copérnico ao buscar a aceitação do sistema heliocêntrico com base em seus próprios méritos, Galileu encontrou oposição e críticas, levando à sua condenação (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

A inclusão do livro de Galileu, assim como os de Copérnico e Kepler, na lista de livros proibidos teve como objetivo transmitir um aviso para todos. Essa ação foi tomada porque as ideias contidas nesses livros desafiavam as crenças estabelecidas e as interpretações tradicionais das Sagradas Escrituras. A Igreja Católica, através da inclusão desses livros no índice, pretendia reforçar a necessidade de conformidade intelectual, ou seja, a aceitação das doutrinas religiosas tradicionais e a rejeição de qualquer pensamento ou teoria que pudesse ser considerado contrário à ortodoxia religiosa (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

Holton, Rutherford e Watson (1980) alerta que devemos ter cautela ao romantizar ou generalizar o caso de Galileu. Nem todas as pessoas que enfrentam conflitos ou discordâncias são necessariamente portadoras de uma verdade revolucionária como Galileu. É importante reconhecer que algumas pessoas podem estar erradas em suas ideias. Por outro lado, o autor destaca que a experiência de Galileu mostra que, mesmo em ambientes hostis, a ciência pode continuar a existir e avançar. Quando os políticos tentam controlar o que pode ser pensado, a ciência sofre, mas não é necessariamente extinta. Os cientistas podem resistir a essas influências e continuar a contribuir para o conhecimento.

O trabalho de Copérnico, Kepler e Galileu teve um impacto significativo, culminando na formulação da lei da gravitação universal por Isaac Newton anos mais tarde. Newton atribuiu essa lei a uma nova interpretação da terceira lei de Kepler. A força gravitacional, que já havia

sido observada por Kepler, permitiu a Newton derivar uma equação que descreve a interação de atração entre dois objetos. Essa força é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

O livro "Principia" de Newton unificou brilhantemente as contribuições desses três cientistas, juntamente com outros contemporâneos, e marcou o início da ciência moderna. As novas leis da ciência e as perspectivas sobre o lugar do ser humano no universo foram estabelecidas, e esse período ficou conhecido como "A Idade do Esclarecimento" pelos historiadores. (Holton; Rutherford; Watson, 1980).

A força gravitacional, inicialmente observada por Kepler, permitiu a Newton desenvolver uma equação que descreve de maneira precisa a atração entre corpos celestes. Esse avanço não apenas validou as leis de Kepler, mas também fortaleceu a aceitação do modelo heliocêntrico. Além da gravitação, as leis do movimento de Newton ofereceram uma estrutura conceitual para entender como os corpos se movem.

A primeira lei de Newton, conhecida como o princípio da inércia, estabelece que um corpo em movimento permanecerá em movimento a menos que uma força externa atue sobre ele. Essa lei, que complementa a ideia de inércia proposta por Galileu, desempenha um fato importante na compreensão dos princípios que regem o movimento dos corpos celestes. No contexto do heliocentrismo, a aplicação dessa lei fortalece o argumento a favor dessa teoria, uma vez que ela sugere que os corpos celestes, incluindo a Terra, continuam em movimento circular ao redor do Sol, a menos que uma força externa, como a gravidade, interfira nesse movimento. Isso respalda a concepção heliocêntrica, contribuindo para a compreensão mais abrangente da dinâmica do sistema solar.

APÊNDICE B – Narrativa

CAPÍTULO I

DESAFIANDO PERSPECTIVAS

Com toda certeza, você já parou para observar o céu e toda sua imensidão e se perguntou sobre os mistérios que ele esconde? Pois bem, é sobre alguns desses mistérios que abordaremos nesta história.

Nossa história, que se passa em uma pequena cidade, começa com dois irmãos, Gabriel e Maria, unidos por um profundo amor pela astronomia. Juntos, eles passam horas e horas observando o céu, indagando sobre os mistérios do Universo.

Em um belo dia, Maria fez a Gabriel uma pergunta intrigante: – Afinal, é a Terra que orbita o Sol ou é o Sol que orbita a Terra?

A resposta parecia óbvia para Gabriel, pois desde a infância ele aprendeu que a Terra se move em torno do Sol, um modelo proposto por Nicolau Copérnico (1473-1543), e conhecido como modelo heliocêntrico.

Momento de Reflexão:

- O que você conhece sobre o modelo heliocêntrico? Utilize este espaço para fornecer uma explicação detalhada sobre como esse modelo descreve o sistema solar. Pode usar palavras ou desenhos para ilustrar sua resposta, mas não se esqueça de explicá-lo.
- Quando menciono a palavra ‘modelo’ dentro do contexto científico, o que vem em sua mente?

Gabriel: É claro que é a Terra que orbita o Sol. É óbvio, sempre foi assim.

Maria, vislumbrando a chance de desafiar o irmão provoca: Será que é tão óbvio assim? Olha para o céu – os dois olham através da janela. O Sol está ali agora, não é verdade? E daqui a duas horas?

Momento de Reflexão:

- O que você acha disso? Qual é sua percepção do movimento dos corpos celestes?
- Você já se perguntou sobre o movimento do Sol e da Terra? Como a posição do Sol muda ao longo do dia na sua perspectiva?

Enquanto os dois debatem suas ideias, mergulhamos no mundo de Nicolau Copérnico (Figure 1.1), onde enfrentou inúmeros desafios ao apresentar o Modelo Heliocêntrico (Figure 1.2), que descreve o Sol no centro do sistema solar. Essas dificuldades o fez adiar a divulgação de seu trabalho por 13 anos.

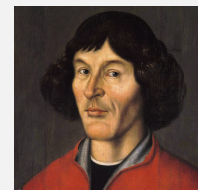


Figura 1.1: Nicolau Copérnico

CAPÍTULO 1 – DESAFIANDO PERSPECTIVAS

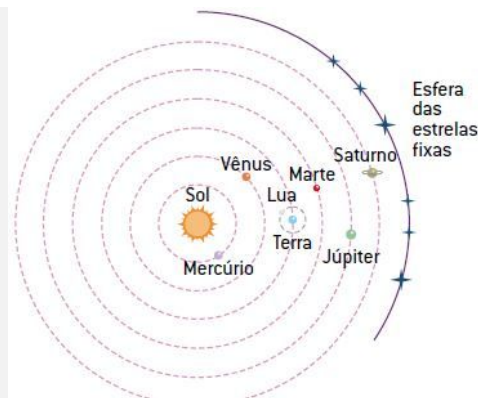


Figura 1.2: Ilustração do Sistema Solar a partir do Modelo Heliocêntrico.

Uma das dificuldades foi a oposição das autoridades religiosas, pois segundo elas o modelo heliocêntrico entrava em conflito com a interpretação literal da Bíblia, que coloca a Terra como o centro de tudo, e que nós, seres humanos, somos o motivo principal da criação divina, gerando resistência à nova visão do nosso lugar no Universo. O modelo heliocêntrico não estava de acordo com os conhecimentos tidos como aceitos, o que causou resistência e tornou mais difícil para as pessoas aceitarem essa nova ideia sobre o nosso lugar no Universo.

Além disso, o modelo de Copérnico era difícil de entender. A ideia de que a Terra se move ao redor do Sol não era intuitiva, porque parece contradizer o que percebemos no dia a dia, de que a Terra está quieta. Essa diferença entre a experiência que temos e a teoria de Copérnico causou resistência e desconfiança entre estudiosos e o público em geral.

Outra dificuldade foi a falta de evidências observacionais. Naquela época, as observações astronômicas não eram tão precisas como são hoje, e Copérnico não tinha instrumentos avançados para coletar dados que comprovassem suas ideias. Isso dificultou a aceitação de seu modelo, porque faltavam evidências concretas para apoiá-lo.

Apesar dos desafios, o trabalho de Copérnico estabeleceu as bases para uma nova compreensão do sistema solar, desencadeando debates que, ao longo do tempo, levaram à aceitação do heliocentrismo e à Revolução Científica. Sua persistência em enfrentar tais adversidades, assim como a de outros cientistas, foi fundamental para uma visão mais precisa e ampla de nosso lugar no Universo.

A noite se passou, deixando Gabriel intrigado com os questionamentos da irmã. Apesar de suas convicções, ele se viu incapaz de fornecer uma evidência clara para sustentar a resposta "óbvia" que possuía. Inquieto, ele decidiu investigar. Gabriel despertou cedo naquela manhã, testemunhando o nascer do Sol pela janela, e isso o fez questionar:

Gabriel: Espera aí, nascer do Sol? Se o sol surge no horizonte, por que parece não se mover?

Ele não perdeu tempo e chamou Maria para uma conversa. Juntos se dirigiram para observar o céu.

Gabriel: Se o sol nasce e se põe em locais distintos, como ele não se move, Maria?

Maria: Então, não parece ser tão óbvio - a irmã riu. Aliás, desde os tempos antigos, observamos os céus em diferentes locais e épocas e tínhamos questionamentos semelhantes aos seus. Foi a partir dessas reflexões, especialmente as apresentadas pelo filósofo Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), que Cláudio Ptolomeu (90 - 168) apresentou o modelo geocêntrico, colocando a Terra no centro do Universo e o Sol orbitando ao seu redor. Seu modelo permaneceu válido por muitos anos, fazendo sentido por um longo período. Esse modelo era baseado em nossas

CAPÍTULO 1 – DESAFIANDO PERSPECTIVAS

primeiras impressões e percepções imediatas do céu.

Gabriel: Realmente, o movimento do Sol parece fazer sentido agora, afinal é o que observo diretamente - disse o irmão mais novo, ainda desconfiado.

O modelo geocêntrico de Cláudio Ptolomeu (Figure 1.4), fundamentado em observações e instrumentos trigonométricos da época^a, refletia nossas percepções imediatas^b e primeiras impressões^c do céu. Contudo, surgiram dificuldades para explicar o movimento retrógrado de planetas como Marte. Para contornar isso, Ptolomeu introduziu 'epiciclos', um sistema complexo de círculos dentro de círculos, exemplificado em Figure 1.5 e Figure 1.3.

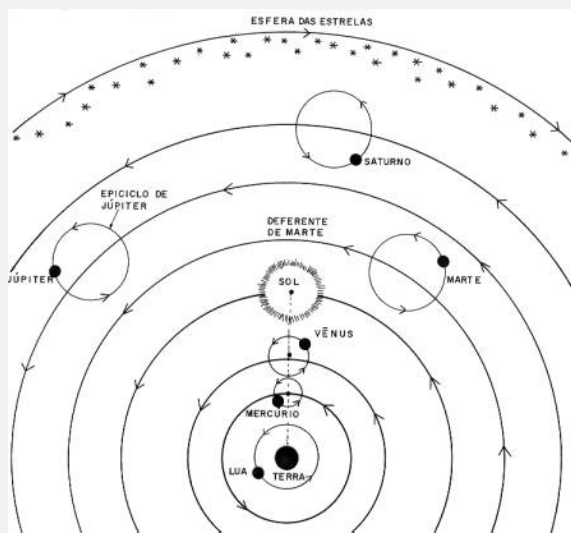


Figura 1.3: Representação dos Epiciclos.

^aO Astrolábio foi um desses instrumentos e possibilitou medir ângulos em relação ao horizonte e as posições do céu.

^bAs percepções imediatas são as informações sensoriais que recebemos instantaneamente através dos nossos sentidos, como o que vemos, ouvimos, tocamos, cheiramos ou saboreamos. Elas formam a base das nossas primeiras impressões.

^cAs nossas primeiras impressões são as conclusões iniciais que fazemos com base em observações, podendo ser influenciadas por estereótipos e emoções, nem sempre refletindo compreensão da realidade.

Essa complexidade, embora explicativa, tornou o modelo difícil de compreender. No entanto, explicava o movimento aparente das estrelas e dos planetas observados. Enquanto o modelo geocêntrico lidava com sistemas complexos para explicar o movimento retrógrado, Copérnico, séculos depois, propôs um modelo heliocêntrico mais simples, exemplificado na Figure 1.2. Esse modelo, com a Terra orbitando o Sol, explicava naturalmente o movimento retrógrado dos planetas, sem necessidade de complexidades extras.

Essas explicações foram impulsionadas pela disponibilidade de instrumentos mais avançados, que permitiram observações



Figura 1.4: Cláudio Ptolomeu

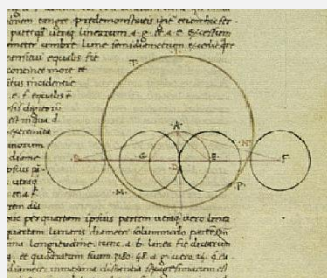


Figura 1.5: Representação dos Epiciclos presentes no Almagesto

CAPÍTULO 1 – DESAFIANDO PERSPECTIVAS

mais precisas e a coleta de novas evidências que sustentavam as ideias revolucionárias de Copérnico. Ele argumentou que o movimento aparente dos corpos celestes no céu, observado da Terra, era resultado da rotação da Terra em torno de seu próprio eixo, contradizendo o modelo geocêntrico, no qual o céu girava em torno da Terra diariamente.

É importante reconhecer a longevidade e a aceitação do modelo geocêntrico. Ele se destacava por sua capacidade de responder a diversos questionamentos e de prever posições astronômicas com considerável precisão. O modelo de Ptolomeu desempenhou um papel crucial em várias áreas, desde a navegação até a criação de calendários, práticas agrícolas e até mesmo a astrologia. Além disso, explicava por que as estrelas, consideradas fixas, pareciam imóveis quando observadas a olho nu, contribuindo para a compreensão dos padrões celestes. Para Ptolomeu, seu modelo não era uma representação literal do Universo, mas uma ferramenta matemática para calcular as posições dos corpos celestes.

No entanto, ao longo do tempo, novas evidências surgiram e pensadores começaram a perceber a necessidade de considerar um novo modelo.

Momento de Investigação:

1. Quais são as principais diferenças entre o modelo geocêntrico de Ptolomeu e o modelo heliocêntrico de Copérnico?
2. Como nossas percepções imediatas influenciaram a formulação dos primeiros modelos astronômicos?
3. Por que o modelo geocêntrico de Ptolomeu foi aceito por tanto tempo? ■

CAPÍTULO 2

OBSERVAÇÕES E DESCOBERTAS DE COPÉRNICO

Gabriel ainda parecia inquieto, afinal, a irmã não respondeu como que o sol, estando aparentemente parado, poderia surgir e desaparecer no horizonte.

Maria: Gabriel, isso é uma questão de referencial. Imagine que estamos dentro de um carro em movimento e observamos uma pessoa parada do lado de fora. Não podemos considerar que ela está em movimento em relação a nós? Mesmo que estejamos ambos em movimento, minha perspectiva pode fazer você parecer parado, enquanto a pessoa do lado de fora parece se mover em relação a nós. O Sol é como essa pessoa, mesmo aparentemente parado pode parecer em movimento.

Gabriel pega uma pedra na praça e a joga para cima, observado-a subir e descer caindo no mesmo lugar. Isso o faz refletir:

Gabriel: Mas se a Terra estivesse se movendo, não deveria haver um deslocamento no solo enquanto a pedra estivesse no ar? Ela não deveria cair em um local diferente do ponto de lançamento?

Maria: Por que você concluiu que se a Terra estivesse em movimento a pedra cairia em um lugar diferente?

Gabriel: É como quando alguém joga uma pedra em um navio em movimento; enquanto a pedra sobe e desce, o navio se desloca, então a pedra cai longe do ponto de lançamento. Não é assim?

Maria: Gabriel, questionar é fundamental, mas devemos estar abertos a novas considerações quando novas evidências aparecem. Verifique se suas hipóteses são válidas.

Maria pega algumas pedrinhas na praça e convida o irmão para um passeio de carro. Durante o trajeto, ela entrega as pedras a ele e propõe:

Maria: Imagine que o carro seja a nossa Terra, em movimento constante. Se você lançar uma dessas pedrinhas para cima enquanto estamos em movimento (como a Terra), ela cairá longe do ponto de lançamento?

Gabriel começa a lançar as pedrinhas e percebe que estava equivocado. Ao testar sua hipótese, descobre que, mesmo estando em movimento, a pedra não cai no mesmo lugar de onde foi lançada. Portanto, mesmo com a Terra em movimento, o resultado é diferente do que ele esperava.

Gabriel: Interessante. Eu imaginava o contrário.

Maria: Percebe como é fácil aceitar algo como verdade sem verificar? Muitas vezes, confiamos na intuição ou em informações que parecem fazer sentido, sem realmente checarmos se são verdadeiras. Isso influencia as teorias que acreditamos.

Momento de Reflexão:

Por que a experiência de lançar pedras durante o passeio de carro ajudou Gabriel a entender melhor a questão do movimento da Terra?

A experimentação e a formulação de hipóteses desempenham um papel fundamental na ciência. Através da experimentação, os cientistas testam suas ideias e hipóteses, buscando evidências para confirmarem ou refutarem suas suposições. No entanto, é importante reconhecer que a experimentação nem sempre leva a resultados corretos. Às vezes, nossas percepções imediatas e intuições podem nos enganar. A ciência nos ensina a questionar nossas percepções, buscando entender o mundo com base em evidências.

Esses casos de discrepância entre o esperado e o observado ressaltam a importância de questionarmos nossas suposições,

CAPÍTULO 2 – OBSERVAÇÕES E DESCOBERTAS DE COPÉRNICO

estarmos abertos a resultados surpreendentes e revisarmos constantemente nossas ideias. Com esse espírito, os cientistas refinam e expandem nosso conhecimento sobre o mundo.

Copérnico enfrentou desafios ao questionar o modelo geocêntrico predominante. Ele observou fenômenos astronômicos que não se alinhavam com esse modelo, como a posição de Vênus e Mercúrio perto do Sol durante o dia e a oposição de Marte, Júpiter e Saturno em relação ao Sol no céu, sugerindo órbitas independentes da Terra.

No modelo geocêntrico, a oposição dos planetas em relação ao Sol não deveria ocorrer, pois os planetas deveriam acompanhar o movimento do Sol ao redor da Terra. Esse fenômeno de oposição indicava que esses corpos celestes possuíam órbitas independentes da Terra, não necessariamente em torno dela.

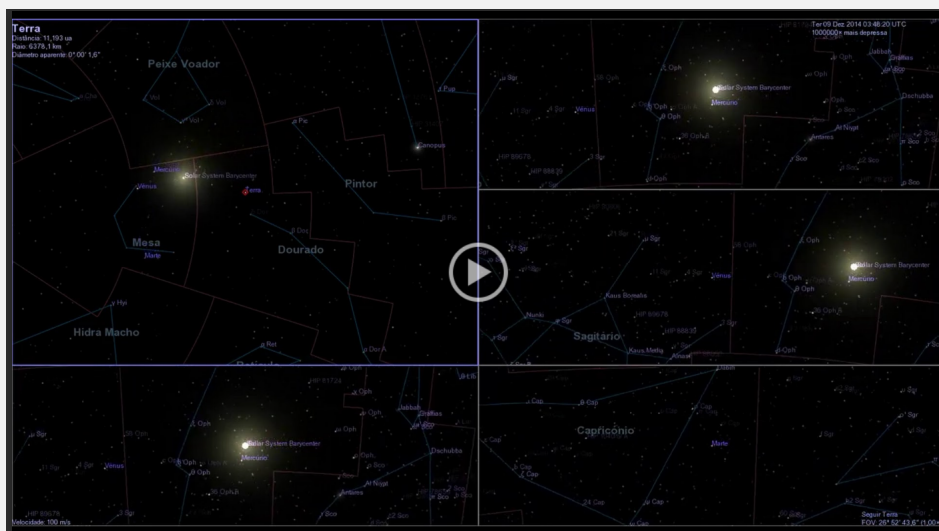


Figura 2.1: No vídeo, disponível no link, o movimento aparente dos planetas Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, segundo o referencial geocêntrico, é simulado pelo programa Celestia. Repare especialmente em Mercúrio: explicitamente nesse caso, o Sol parece funcionar como o centro de seu epiciclo (modelo ptolomaico). Os movimentos e trajetórias dos planetas no firmamento, conforme inferidos por um observador na superfície da Terra, podem ser observados nas três janelas à direita. O percurso do Sol pelo zodíaco é visível na janela inferior esquerda.

Fonte: Extraído de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Danca_planetas_Teluricos_referencial_Geocentrico_2014_-_2015.ogv

Além disso, Copérnico observou a separação dos planetas em relação ao Sol no céu. Segundo o modelo antigo, todos os planetas deveriam permanecer sempre próximos uns dos outros, já que orbitavam a Terra. No entanto, suas observações revelaram que os planetas podiam se afastar consideravelmente uns dos outros em diferentes momentos. Isso sugeriu que cada planeta tinha sua própria órbita ao redor do Sol.

O modelo heliocêntrico, introduzido por Copérnico, representava uma nova abordagem para analisar os dados astronômicos conhecidos e propunha novos experimentos. Além das oposições ao modelo geocêntrico, Copérnico obteve resultados que eram impossíveis de serem concluídos pela teoria ptolomaica. Pela primeira vez, foi possível calcular: (a) o período dos planetas, ou seja, o tempo que cada planeta leva para completar uma volta em torno do Sol e (b) as dimensões das órbitas comparadas à órbita da Terra.

CAPÍTULO 2 – OBSERVAÇÕES E DESCOBERTAS DE COPÉRNICO

Quadro 1: a) Período de translação dos planetas conhecido ao redor do sol.					
Planeta	Mercúrio	Vênus	Marte	Júpiter	Saturno
Valor de Copérnico	88 dias	224 dias	687 dias	11,8 anos	29,5 anos
Valor Atual	87,97 dias	224,70 dias	686,98 dias	11,86 anos	29,46 anos
Quadro 1: b) Raio das Órbitas planetárias, comparadas à dimensão da órbita da Terra.					
Valor de Copérnico	0,38 UA	0,72 UA	1,52 UA	5,20 UA	9,20 UA
Valor Atual	0,39 UA	0,72 UA	1,52 UA	5,20 UA	9,54 UA

Fonte: Harvard (1980, p. 37; p. 39)

À medida que diferentes gerações de cientistas contribuem com suas observações, análises e interpretações, formamos um panorama mais completo e preciso do mundo. As discrepâncias se transformam em oportunidades de crescimento, permitindo que a ciência avance por meio da colaboração entre diferentes abordagens. Dessa forma, quando nos deparamos com resultados que não estão de acordo com as expectativas, somos incentivados a questionar nossas suposições e a explorar alternativas. Essa abertura para resultados surpreendentes é o que leva à revisão constante de nossas ideias.

Momento de Investigação:

1. Como as observações de Gabriel e Maria desafiaram suas suposições iniciais sobre o movimento da Terra?
2. De que forma as simulações de movimento aparente, como a do programa Celestia, auxiliam na compreensão dos modelos astronômicos?
3. Por que a observação de separação entre os planetas no céu foi tão significativa para desafiar o modelo geocêntrico?
4. Por que é importante para os cientistas estarem abertos para questionarem suas hipóteses, mesmo que pareçam corretas inicialmente? ■

CAPÍTULO 3

REVOLUÇÃO CIENTÍFICA E RESISTÊNCIA ÀS MUDANÇAS

Gabriel: Realmente, não tinha o porquê de questionar aquilo. A pedra cai no mesmo lugar de lançamento mesmo quando estamos em movimento - disse Gabriel um pouco frustrado.

Maria: Mas seu questionamento é válido. São essas insatisfações que nos fazem buscar conhecimentos, permitindo-nos mudar de perspectiva. É comum nos depararmos com os mesmos questionamentos que outras pessoas já tiveram. Isso faz parte do processo de busca por conhecimento.

Gabriel: Mas seria burrice, então? Questionar algo que já foi provado...

Maria: Não necessariamente. Às vezes, temos muitas respostas e evidências disponíveis, o que pode nos confundir e nos levar a apegarmos ao senso comum. A busca por respostas e evidências nos permite avaliar se nossas indagações têm fundamentos sólidos. É por isso que, ao respondermos questionamentos, é crucial buscarmos argumentos embasados em evidências científicas. Essa abordagem não apenas reforça nossas indagações de maneira coerente, mas também fornece uma base confiável para sustentarmos nossas ideias.

Gabriel: Mas para nós, é mais fácil, certo? Não precisamos começar do zero, já que temos os estudos de cientistas que já questionaram a mesma coisa! **Maria:** Por isso é importante continuarmos explorando e investigando para obtermos uma compreensão mais completa dos assuntos que nos interessam e das informações que recebemos. Temos o privilégio de ter uma longa história de cientistas que contribuíram para o conhecimento atual.

Maria: Desde os primeiros pensadores até aos atuais, cada um deles desempenhou um papel importante no avanço do entendimento humano.

Gabriel: Até o sistema antigo de Ptolomeu?

Maria: Claro! Não devemos descartar completamente os modelos antigos, pois eles também desempenharam um papel importante na construção do conhecimento atual. Eles representam etapas e contribuições valiosas no processo contínuo de construção de novos modelos e teorias.

Gabriel: Novos modelos? Pensei que tivéssemos chegado a um modelo final.

Maria: Apenas se você considerar que não existem mais dúvidas ou insatisfações. Por exemplo, Copérnico apresentou uma ideia revolucionária, mas ao longo do tempo o modelo passou por várias modificações e refinamentos. Isso mostra como a ciência é um processo contínuo de atualização e aprimoramento. Novas observações, dados e descobertas são incorporados ao conhecimento existente, permitindo que nossa compreensão mude ao longo do tempo.

CAPÍTULO 3 – REVOLUÇÃO CIENTÍFICA E RESISTÊNCIA ÀS MUDANÇAS

A ideia de posicionar o Sol como o centro do Universo já havia sido apresentada por pensadores, como Aristarco de Samos (310 a.C. - 230 a.C.), muito antes de Ptolomeu e Aristóteles. No entanto, naquela época, Aristarco não tinha argumentos suficientes para desafiar o pensamento dominante, que era o geocentrismo.

A colaboração de Copérnico e de outros cientistas, séculos mais tarde, possibilitou o ressurgimento e o desenvolvimento do heliocentrismo, mediante a apresentação de evidências consistentes, culminando na consolidação desse modelo explicativo. Isso nos mostra como ideias rejeitadas no início podem se tornar importantes no futuro, quando há mais conhecimento e evidências para apoiá-las, assim como recursos tecnológicos. No caso do heliocentrismo, a proposta de Aristarco foi revivida e aprimorada por pensadores como Nicolau Copérnico, no século XVI, Galileu Galilei (Figure 4.1) no século XVII e Isaac Newton (Figure 3.3) no século XVIII.

No entanto, não foram apenas os apoiadores da teoria de Copérnico que contribuíram para a Revolução Científica. Um exemplo é Tycho Brahe, que coletou dados cruciais sobre os planetas, especialmente Marte, usando instrumentos que ele mesmo fabricou, antes mesmo dos telescópios existirem. Embora Brahe não apoiasse a teoria heliocêntrica de Copérnico, suas observações foram fundamentais para a compreensão atual do modelo.

Johannes Kepler (Figure 3.1), um defensor do modelo heliocêntrico, utilizou os dados deixados por Brahe e analisou-os dentro desse modelo. Inicialmente, ele considerava que os planetas se moviam em órbitas circulares ao redor do Sol, assim como Copérnico. No entanto, ao estudar os dados de Marte, percebeu que o modelo circular proposto por Copérnico não se ajustava aos dados obtidos. Depois de várias tentativas fracassadas de ajustar os movimentos dos planetas em círculos, Kepler propôs órbitas como elipses.

Kepler formulou três leis do movimento planetário, fornecendo uma descrição matemática precisa dos movimentos planetários. A Lei das Órbitas estabelece que os planetas se movem em órbitas elípticas ao redor do Sol, representado na Figure 3.4, contradizendo a visão anterior de órbitas circulares perfeitas proposta por Ptolomeu e reforçando o modelo heliocêntrico de Copérnico.



Figura 3.1: Johannes Kepler (1571 - 1630)

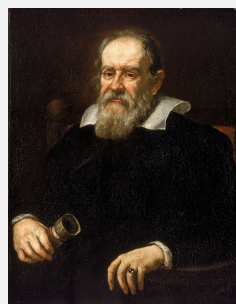


Figura 3.2: Galileu Galilei (1564 - 1642)

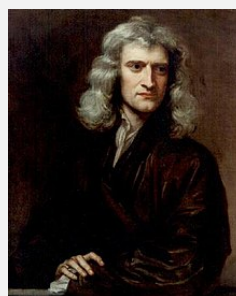


Figura 3.3: Isaac Newton (1642- 1727)

CAPÍTULO 3 – REVOLUÇÃO CIENTÍFICA E RESISTÊNCIA ÀS MUDANÇAS

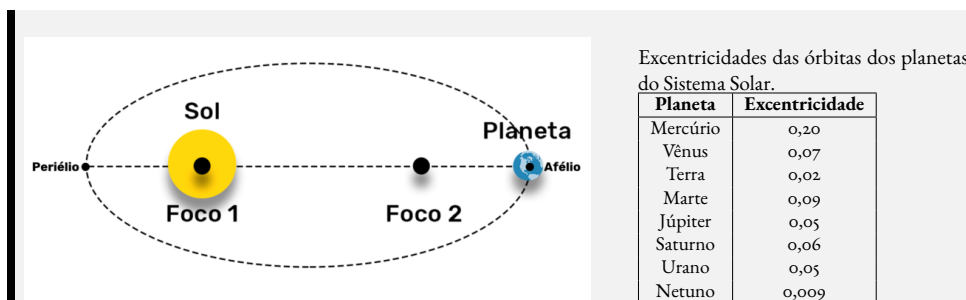


Figura 3.4: Primeira Lei de Kepler "Os planetas movimentam-se descrevendo órbitas elípticas, em que o Sol ocupa um dos focos da elipse."

Além da Lei das Órbitas, ele descobriu que a velocidade dos planetas varia ao longo de suas órbitas, formulando sua "Lei das Áreas". Esta lei explica a variação na velocidade dos planetas em diferentes partes de suas órbitas, pois quando o planeta está mais próximo do Sol (perigeu) move-se mais rápido, cobrindo uma área maior em um certo intervalo de tempo, e quando se encontra mais distante (afélio) move-se mais devagar, cobrindo uma área menor em um mesmo intervalo de tempo, o que é fundamental para compreender os padrões de movimento no sistema solar.

Essas leis permitiram uma explicação mais precisa do movimento retrógrado dos planetas. Muitos anos depois, Kepler formulou sua terceira lei: a Lei Harmônica, relacionando o período dos planetas com sua distância ao Sol. Esta lei estabelece que planetas com órbitas maiores se movem mais lentamente em torno do Sol, indicando que a força entre o Sol e o planeta fica menor com a distância ao Sol.

As Leis de Kepler representaram um avanço significativo e exemplificam como a ciência está sendo alterada e refinada com base em novos dados, observações e teorias. É interessante ver como o modelo inicial de Copérnico foi ajustado e aprimorado ao longo do tempo, graças aos esforços de cientistas como Tycho Brahe e Johannes Kepler.

Momento de Investigação:

1. Por que a colaboração entre diferentes cientistas ao longo do tempo foi fundamental para a consolidação do modelo heliocêntrico?
2. Como as Leis de Kepler influenciaram e modificaram as percepções sobre o movimento planetário, contrastando com os modelos anteriores?
3. Qual foi a importância das observações de Tycho Brahe e como elas contribuíram para o entendimento atual do modelo heliocêntrico? ■

CAPÍTULO 4

GALILEU, NEWTON E A CONSOLIDAÇÃO DO HELIOCENTRISMO

Gabriel: Então, mesmo que o modelo atual tenha passado por alterações ele continuará mudando, correto?

Maria: Isso mesmo. Quando encontramos respostas, mais questões surgem. A natureza e o Universo são vastos demais para serem totalmente compreendidos. Estamos sempre em um processo de investigação, tanto com novas questões quanto com as respostas já obtidas, para verificarmos se ainda fazem sentido. Galileu Galilei foi fundamental para sustentar o modelo heliocêntrico ao observar os astros do sistema solar com sua luneta. Ele descobriu tantas estrelas novas, algumas jamais vistas antes! Entre suas observações estavam as luas de Júpiter, revelando que outros planetas também tinham luas, rompendo com a ideia de que a Terra era única no Universo.

Galileu (Figure 4.1) introduziu o princípio da independência dos movimentos, demonstrando que os movimentos relativos são independentes uns dos outros. Isso explica por que o Sol, aparentemente estático, pode parecer surgir e desaparecer no horizonte, apesar do movimento da Terra. Esse princípio nos ajuda a entender o exemplo de Maria e Gabriel no carro, onde ela usou a analogia de um veículo em movimento para ilustrar como o movimento relativo pode ser percebido de maneiras diferentes. Assim como uma pedra lançada em um carro em movimento não cai em um lugar diferente, a trajetória aparente do Sol no céu não é afetada pelo movimento da Terra, conforme demonstra o princípio da independência dos movimentos de Galileu.

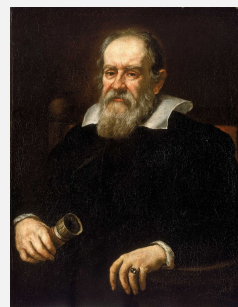


Figura 4.1: Galileu Galilei (1564 - 1642)

As descobertas de Galileu encontraram resistência daqueles que defendiam o modelo geocêntrico, desafiando tanto as crenças científicas quanto as crenças religiosas da época. Em 1606, Galileu foi convocado pela Inquisição para cessar o ensino dessa teoria, que conflitava com as crenças religiosas, e os livros de Copérnico e Kepler foram proibidos. Contudo, ao longo do tempo, as descobertas de Galileu, Copérnico e outros cientistas, apoiadas por outras evidências, começaram a ganhar aceitação.

Gabriel: Mesmo com tantas evidências, ainda parece haver muito que não podemos ver ou entender completamente.

Maria: Ótima observação. Aqui entra o papel das teorias científicas. Frequentemente, não precisamos observar diretamente algo para compreender seu funcionamento. As teorias fornecem um quadro explicativo que nos ajuda a compreender fenômenos complexos. Já imaginou descobrir a existência de um planeta que ninguém nunca viu?

Gabriel: Como alguém pode afirmar que um planeta está lá se não podemos vê-lo?

Maria: A explicação se encontra na Lei da Gravitação Universal, proposta por Isaac Newton após Kepler formular suas leis. Esta lei estabelece que todos os objetos com massa se atraem mutuamente com uma força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. Isso significa que, mesmo que não possamos ver diretamente um planeta, sua presença pode ser deduzida pelo efeito gravitacional sobre outros corpos celestes ao seu redor.

Gabriel: Mas como os cientistas podem usar essa lei para prever a existência de planetas invisíveis?

CAPÍTULO 4 – GALILEU, NEWTON E A CONSOLIDAÇÃO DO HELIOCENTRISMO

Maria: Excelente pergunta! Vamos voltar a um exemplo histórico. Na década de 1840, os astrônomos notaram que a órbita de Urano não seguia exatamente as previsões feitas com base nas Leis de Kepler e na Lei da Gravitação de Newton. Essas pequenas anomalias não podiam ser explicadas apenas pelas influências gravitacionais dos planetas conhecidos.

Gabriel: E o que conseguiram fazer a respeito disso?

Maria: Astrônomos como John Adams e Urbain Le Verrier utilizaram a lei da gravitação para calcularem que essas anomalias poderiam ser causadas por um planeta ainda não conhecido, influenciando Urano. Com base nesses cálculos, Le Verrier previu a posição aproximada de um novo planeta, que ele chamou de Netuno.

Gabriel: Espere, eles realmente encontraram Netuno?

Maria: Sim, exatamente! A previsão de Le Verrier foi tão precisa que os observadores conseguiram avistar Netuno através de telescópios. Isso é um exemplo de como a Lei da Gravitação Universal não apenas explica como os planetas se movem, mas também pode ser usada para fazer previsões e descobrir coisas novas, como a existência de planetas que ainda não foram vistos.

Gabriel: Incrível! Isso mostra como a ciência é realmente uma ferramenta poderosa para desvendar os segredos do Universo, mesmo quando não podemos enxergar tudo diretamente.

Maria: Exatamente, Gabriel! A ciência nos permite explorar além do que nossos olhos podem ver e nos ajuda a compreender os mistérios do Universo de maneiras surpreendentes.

Gabriel: Então a Lei da Gravitação e as observações de Newton também contribuíram para reforçar a teoria heliocêntrica de Copérnico, certo?

Maria: Exatamente. Ao entenderem como a força gravitacional age sobre os corpos no sistema solar, os cientistas puderam demonstrar que os movimentos planetários e a organização do sistema solar iam de acordo com as previsões da teoria heliocêntrica. Isso fortaleceu mais ainda a confiança na visão de que a Terra gira em torno do Sol, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento da astronomia moderna.

A Revolução Copernicana mostra-nos que novas ideias nem sempre são aceitas imediatamente. Às vezes, leva tempo e muita evidência para que as pessoas mudem suas maneiras de pensar. É importante estarmos abertos a novas descobertas e não ficarmos presos apenas ao que já conhecemos. A ciência está sempre mudando, e é assim que podemos aprender mais sobre o mundo ao nosso redor.

Essas contribuições de Newton, Galileu, Kepler e outros ajudaram a refinar e fortalecer a teoria heliocêntrica de Copérnico, fornecendo explicações mais completas e precisas dos movimentos dos corpos celestes.

Gabriel fica pensativo e conclui:

Gabriel: Então a grande lição aqui é que a ciência nos ensina a nunca parar de questionar e explorar. Cada descoberta, por “mais pequena” que pareça, pode mudar a nossa compreensão do Universo. Devemos sempre estar abertos a novas ideias e evidências, pois é assim que o conhecimento científico é construído. Afinal, quem sabe quais segredos ainda estão esperando para serem desvendados?

Momento de Investigação:

1. Como as descobertas de Galileu Galilei e outros cientistas desafiaram as visões religiosas e científicas predominantes da época?

CAPÍTULO 4 – GALILEU, NEWTON E A CONSOLIDAÇÃO DO HELIOCENTRISMO

2. Como a previsão e a descoberta de Netuno a partir das anomalias orbitais de Urano ilustram a utilidade das Leis da Gravitação Universal de Newton na astronomia?
3. Por que algumas descobertas científicas levam tempo para serem aceitas pela sociedade?
4. Quando dois cientistas observam o mesmo fato ou fenômeno, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões? Justifique.
5. Quais são os paralelos entre a resistência à teoria heliocêntrica e situações atuais em que novas descobertas desafiam crenças estabelecidas? ■