

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

LEANDRO DONIZETE MORAES

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA COM O USO DO SOFTWARE
ASTRO 3D**

ALFENAS – MG

2016

LEANDRO DONIZETE MORAES

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA COM O USO DO SOFTWARE
ASTRO 3D**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior.

ALFENAS / MG

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Moraes, Leandro Donizete

Uma proposta de sequência didática para o ensino de
Astronomia na educação básica com o uso do software Astro 3D.
/ Leandro Donizete Moraes. -- Alfenas/MG, 2016.
149 f.

Orientador: Artur Justiniano Roberto Júnior.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade
Federal de Alfenas, 2016.
Bibliografia.

1. Ensino - Astronomia. 2. Didática - Ensino - Software.
3. Tecnologia educacional - Software. I. Artur Justiniano Roberto
Júnior. II. Título.

CDD-370.1



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Às 14h 0 min do dia 25 de novembro de 2016 foi realizada a sessão de defesa pública de dissertação do discente **Leandro Donizete Moraes**.

A apresentação oral do trabalho **“UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA COM O USO DO SOFTWARE ASTRO 3D”** teve duração de ___ h, e ___ min.

De acordo com os requisitos legais, a comissão examinadora designada para proceder ao exame foi presidida pelo orientador, Prof. Artur Justiniano Roberto Júnior - UNIFAL-MG e composta pelos professores Prof. Agenor Pina da Silva - UNIFEI e Prof. Paulo Alexandre Bressan – UNIFAL-MG.

A arguição teve duração total de 2 h e 0 min. Em reunião secreta a Comissão Examinadora fez a apreciação da dissertação e considerou o candidato:

Aprovado () Aprovado condicionalmente () Reprovado

Prof. Dr. Agenor Pina da Silva *Agenor Pina da Silva*

Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior *Artur Justiniano Roberto Junior*

Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan *Paulo Alexandre Bressan*

Parecer final dos examinadores: (opcional)

Fazer os revisões sugeridos pela banca.

Defesa de dissertação nº 02 homologada na ___ reunião do Colegiado do Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizada em 06/12/2016

Artur Justiniano Roberto Junior
Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior
Coordenador do MNPEF P28 UNIFAL-MG

*Este trabalho é dedicado à minha mãe
Joana Darc e ao meu pai Roberto
Carlos pelo apoio em todos os
momentos de minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço o companheirismo e apoio dos meus colegas da turma 2014.2 do Polo 28 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, realizado na Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL – MG.

Aos professores do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, que lecionaram no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelos ensinamentos, dicas, sugestões e motivação no decorrer do curso.

Agradeço em especial ao Professor e Orientador Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior pela orientação durante o curso de mestrado, pelos conselhos, apoio e motivação para que fosse concretizada esta dissertação.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo financeiro no decorrer destes dois anos.

Meus sinceros agradecimentos ao meu pai Roberto Carlos Moraes, que me ensinou a buscar os meus sonhos de maneira sincera e honesta. À minha mãe Joana Darc da Silva Moraes, por acreditar em meus sonhos. À minha irmã Lidiane e ao meu sobrinho Pedro como companheiros em todos os momentos. À minha namorada Jéssica, pela paciência e incentivo e aos demais membros da minha família que sempre torceram pelo meu sucesso.

Agradeço aos alunos, professores e grupo gestor da Escola Estadual Doutor Tancredo de Almeida Neves, da cidade de São Tomás de Aquino, Minas Gerais, pela compreensão e contribuição no decorrer destes dois anos de mestrado e durante a aplicação da sequência didática que será apresentada nesta dissertação.

RESUMO

A observação dos corpos e fenômenos celestes desperta a atenção dos seres humanos desde os primórdios da humanidade. Da curiosidade sobre os seus movimentos e comportamentos na esfera celeste surgiram as teorias científicas que buscam as explicações sobre as ocorrências dos fenômenos astronômicos, sobre a existência de outros corpos celestes e sobre a origem do universo. Deste modo, o estudo dos fenômenos celestes contribui para o desenvolvimento de diversas áreas do conhecimento. Entretanto, o ensino de Astronomia ainda é incipiente, e deveras ausente na maioria das escolas do país. Dentre as diversas explicações para essa situação está a falta de material didático adequado. Diante dessa realidade, nessa dissertação apresentamos uma sequência didática para o ensino de Astronomia que foi desenvolvida tendo como referência a utilização do software Astro 3D. Esse software, desenvolvido em parceria com o Laboratório de Tecnologia Educacional da UNIFAL-MG, é um simulador dos movimentos dos astros nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico. Com ele é possível simular fenômenos astronômicos em escalas de tempo curtas e longas. Para desenvolver esse trabalho o referencial teórico escolhido foi os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Eles foram utilizados durante a aplicação de uma sequência didática, com cinco temas astronômicos, escolhidos de acordo com o catálogo de concepções alternativas de Langhi. Para aplicar a sequência didática o Astro 3D foi utilizado como o principal recurso pedagógico. Esse trabalho foi desenvolvido com 25 alunos de uma turma do 1º ano do ensino médio de uma escola pública de Minas Gerais. Após aplicar a sequência didática os alunos desenvolveram uma atividade na sala de informática e responderam um questionário diagnóstico. A partir da análise qualitativa das respostas dos alunos no questionário e das respostas da atividade na sala de informática, observamos que o Astro 3D, junto com a metodologia acima descrita, é um recurso didático que contribui para a aprendizagem de conceitos astronômicos e também na desconstrução de concepções alternativas a respeito de diversos fenômenos astronômicos.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia. Sequência didática. Software educacional.

ABSTRACT

The observation of the bodies and celestial phenomena arouses the attention of humans since the prime of humanity. From the curiosity about their movements and behaviors in the celestial sphere scientific theories has emerged that seek the explanations for the occurrences of the astronomical phenomena about the existence of other celestial bodies and the origin of the universe. Thus, the study of celestial phenomena contributes to the development of various areas of knowledge. However, the astronomy's teaching is still incipient, and indeed absent in most schools in the country. Among the various explanations for this situation is the lack of adequate didactic materials. Before this reality, in this thesis we present a didactic sequence for astronomy's teaching which has been developed with reference to the use of Astro 3D software. This software, developed in partnership with the Educational Technology Laboratory of UNIFAL-MG, is a simulator of the movements of the stars in the topocentric and heliocentric references. It is possible to simulate astronomical phenomena with short and long time scales. To develop this work the chosen theoretical referentials was the three pedagogical moments of Delizoicov and Angotti. They were used during the application of a didactic sequence with five astronomical themes, chosen according to Langhi's catalog of alternative conceptions. To apply the teaching sequence 3D Astro it was used as the main teaching resource. This study was conducted with 25 students in a 1st year of high school class of a public school in Minas Gerais. After applying the teaching sequence, the students developed an activity in the computer laboratory and answered a diagnosis questionnaire. From the qualitative analysis of the students' answers in the questionnaire and in the activity in the computer laboratory, we noticed that the Astro 3D, along with the methodology described above, is a teaching resource that contributes for astronomical concepts' learning and also the deconstruction of alternative conceptions about various astronomical phenomena.

Keywords: Astronomy's teaching. Didactic sequence. Educational software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Sistema de coordenadas horizontal	21
Figura 2	– Representação da esfera celeste	22
Figura 3	– Sistema de coordenadas equatorial	22
Figura 4	– Sistema de coordenadas eclíptico	24
Figura 5	– Sistema de coordenadas equatorial local	25
Figura 6	– Representação de uma elipse	29
Figura 7	– Telas do Astro 3D para os movimentos dos astros	40
Figura 8	– Simulação do solstício de inverno do Hemisfério Sul	41
Figura 9	– Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul	42
Figura 10	– Apresentação do Astro 3D e de suas funcionalidades	58
Figura 11	– Movimento diurno dos astros e demais conceitos do Tema 2	60
Figura 12	– Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul	62
Figura 13	– Simulação das fases da Lua no referencial topocêntrico	65
Figura 14	– Simulação do movimento retrógrado de Marte	67
Figura 15	– Aluno realizando as atividades da sala de informática	68
Figura 16	– Alunos simulando o Sol da meia-noite e fases da Lua no Polo Norte ...	69
Figura 17	– Representação das estações do ano	74
Figura 18	– Movimento do Sol, da Terra e da Lua no referencial heliocêntrico	78
Figura 19	– Posições relativas entre o Sol, a Lua e a Terra nas fases da Lua	80
Figura 20	– Apresentação da tela do Astro 3D para o referencial topocêntrico	96
Figura 21	– Apresentação da tela do Astro 3D para o referencial heliocêntrico	97
Figura 22	– Tela do Astro 3D para o referencial topocêntrico	103
Figura 23	– Tela do Astro 3D para o referencial heliocêntrico	104
Figura 24	– Simulação do movimento diurno do Sol	104
Figura 25	– Localização dos pontos cardeais à noite pelo Cruzeiro do Sul	105
Figura 26	– Localização dos pontos cardeais à noite no Hemisfério Norte	106
Figura 27	– As diferentes posições da sombra de um gnômon	109
Figura 28	– A esfera celeste de acordo com as posições de um observador	116
Figura 29	– O movimento diurno dos astros para diferentes latitudes	116
Figura 30	– Movimento diurno dos Astros no Polo Norte	117
Figura 31	– Movimento diurno dos astros no Trópico de Câncer	117

Figura 32 – O movimento diurno dos astros no Equador	118
Figura 33 – O movimento diurno dos astros no Trópico de Capricórnio.....	118
Figura 34 – O movimento diurno dos astros no Polo Sul.....	119
Figura 35 – O movimento diurno dos astros no referencial heliocêntrico	119
Figura 36 – As constelações zodiacais, a faixa do Zodíaco e a eclíptica	120
Figura 37 – Movimento do Sol, Terra, Lua e Vênus no referencial heliocêntrico...	121
Figura 38 – Simulação do solstício de verão do Hemisfério Sul.....	121
Figura 39 – Simulação do equinócio de outono do Hemisfério Sul	122
Figura 40 – Simulação do solstício de inverno do Hemisfério Sul	123
Figura 41 – Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul	124
Figura 42 – Simulação do solstício de verão do Hemisfério Sul.....	125
Figura 43 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua nova.....	126
Figura 44 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua crescente	127
Figura 45 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua cheia	127
Figura 46 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua minguante....	128
Figura 47 – Finalização das simulações sobre as fases da Lua.....	129
Figura 48 – Simulação do eclipse solar de Sobral-CE em 1919.....	130
Figura 49 – Simulação do eclipse lunar visto em Sobral-CE em 2015	131
Figura 50 – Simulação dos movimentos de Mercúrio	132
Figura 51 – Continuação da simulação dos movimentos de Mercúrio	132
Figura 52 – Finalização da simulação sobre os movimentos de Mercúrio.....	133
Figura 53 – Simulação dos movimentos de Vênus.....	134
Figura 54 – Continuação da simulação dos movimentos de Vênus	134
Figura 55 – Finalização da simulação dos movimentos de Vênus	135
Figura 56 – Simulação da fase nova de Vênus no Astro 3D	136
Figura 57 – Simulação da fase crescente de Vênus	137
Figura 58 – Simulação da fase cheia de Vênus	137
Figura 59 – Simulação da fase minguante de Vênus	138
Figura 60 – Final da simulação sobre as fases de Vênus	138
Figura 61 – O trânsito de Marte pela constelação de Escorpião	139
Figura 62 – Simulação do movimento retrógrado de Marte.....	140
Figura 63 – Continuação da simulação do movimento retrógrado de Marte	140
Figura 64 – Finalização da simulação do movimento retrógrado de Marte	141

Figura 65 – As estações do ano	148
Figura 66 – Os movimentos da Terra, Lua e Sol no referencial heliocêntrico	149
Figura 67 – Representação das fases da Lua	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – O cronograma da sequência didática.....	44
Tabela 2 – Análise da primeira questão do questionário diagnóstico	70
Tabela 3 – Análise da segunda questão do questionário diagnóstico	71
Tabela 4 – Análise do item a da terceira questão do questionário diagnóstico.....	75
Tabela 5 – Análise do item b da terceira questão do questionário diagnóstico.....	77
Tabela 6 – Análise do item a da quarta questão do questionário diagnóstico	79
Tabela 7 – Análise do item b da quarta questão do questionário diagnóstico	80
Tabela 8 – Análise do item c da quarta questão do questionário diagnóstico.....	81
Tabela 9 – Cronograma das etapas da sequência didática	94

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	SISTEMAS DE COORDENADAS CELESTES E AS LEIS DE KEPLER	19
2.1	Os sistemas de coordenadas celestes	19
2.1.1	O sistema de coordenadas horizontal	20
2.1.2	O sistema de coordenadas equatorial	21
2.1.3	O sistema de coordenadas eclíptico.....	23
2.2	Conversões entre os sistemas de coordenadas celestes	24
2.2.1	Conversões entre os sistemas equatorial e horizontal	25
2.2.2	Conversões entre os sistemas eclíptico e equatorial.....	26
2.3	As leis de Kepler para os movimentos planetários.....	28
2.3.1	Primeira lei de Kepler	28
2.3.2	Segunda lei de Kepler	30
2.3.3	Terceira lei de Kepler	31
3	REFERENCIAIS TEÓRICOS	33
3.1	Os Três Momentos Pedagógicos	33
3.1.1	Problematização inicial	34
3.1.2	Organização do conhecimento	34
3.1.3	Aplicação do conhecimento	35
3.2	Resultados de pesquisas sobre a Educação em Astronomia	35
4	METODOLOGIA	39
4.1	Conhecendo o software Astro 3D	39
4.2	Objetivo geral.....	42
4.3	Objetivos específicos.....	42
4.4	Planejamento, seleção de conteúdos e elaboração das aulas.....	43
4.5	Os temas organizadores da sequência didática	45
4.5.1	Tema 1: A Astronomia e sua importância em nossas vidas	46
4.5.2	Tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia	47
4.5.3	Tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano	47
4.5.4	Tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses	48
4.5.5	Tema 5: O movimento dos planetas e suas características	49
4.6	Atividades na sala de informática com o software Astro 3D.....	50

4.7	Avaliação da aprendizagem e coleta de dados.....	50
5	RESULTADOS.....	52
5.1	Análise da sequência didática e das concepções alternativas.....	52
5.1.1	Análise das aulas do tema 1	52
5.1.2	Análise das aulas do tema 2	56
5.1.3	Análise das aulas do tema 3	60
5.1.4	Análise das aulas do tema 4	63
5.1.5	Análise das aulas do tema 5	66
5.2	O uso do software Astro 3D pelos alunos na sala de informática	67
5.3	Análise do questionário diagnóstico.....	69
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICE A – O ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA COM O USO DO SOFTWARE ASTRO 3D.....	93
A.1	Introdução	93
A.2	Objetivos	93
A.3	Estrutura da sequência didática e o cronograma das aulas.....	94
A.4	Utilizando o software Astro 3D	95
A.5	Os temas da sequência didática e suas respectivas aulas.....	98
A.5.1	Tema 1: A importância da Astronomia em nossas vidas	99
A.5.2	Tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia	102
A.5.3	Tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano	107
A.5.4	Tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses.....	110
A.5.5	Tema 5: Os movimentos dos planetas e suas características	112
A.6	Exemplos e simulações com o software Astro 3D	115
A.6.1	Esfera celeste e o movimento diurno dos astros	115
A.6.2	Eclíptica, faixa do Zodíaco e constelações zodiacais	120
A.6.3	As estações do ano, solstícios e equinócios.....	121
A.6.4	As fases da Lua e suas características	126
A.6.5	Eclipse solar.....	129
A.6.6	Eclipse lunar.....	130
A.6.7	Os movimentos do planeta Mercúrio.....	131
A.6.8	Os movimentos do planeta Vênus	133

A.6.9	As fases do planeta Vênus	136
A.6.10	O movimento retrógrado de Marte	139
A.7	As atividades na sala de informática	142
A.7.1	Simulando as estações do ano no Astro 3D	142
A.7.2	Simulando as fases da Lua no Astro 3D	144
A.7.3	Simulando o movimento retrógrado de Marte no Astro 3D	145
A.8	O questionário diagnóstico.....	147

APRESENTAÇÃO

Nos meus tempos de criança sempre tive a curiosidade de saber sobre o funcionamento das coisas e dos fenômenos da natureza. Também possuía interesse em construir experiências que eram apresentadas na TV ou que, raras vezes, eram mostradas nos livros didáticos da escola. Eu era um aluno fascinado pela Matemática, pois sempre acreditei que, pelos métodos desta ciência, poderíamos resolver vários problemas do nosso cotidiano. No ensino médio, foi apresentada a disciplina de Física à turma e fiquei admirado em poder matematizar os fenômenos da natureza.

Por este fascínio pela Física resolvi cursar a licenciatura em Física, mas na minha região não existia este curso e assim cursei inicialmente a licenciatura em Matemática. Por ironia do destino, me licenci em Matemática e, no ano seguinte, o curso de licenciatura em Física começou e iniciei meus estudos sobre esta ciência.

A licenciatura em Matemática permitiu o domínio dos vários métodos matemáticos necessários para estudar os fenômenos físicos e por isso não tive dificuldades em aplicar estes métodos aos fenômenos da natureza e problemas propostos durante a licenciatura em Física.

Então, comecei a lecionar em escolas públicas e particulares e percebia a dificuldade que os alunos tinham em “decorar” os conteúdos para fazerem uma determinada prova. O ensino era praticamente conteudista e as aulas eram simplesmente palestras, nas quais os professores diziam uma “verdade imutável” enquanto os alunos apenas concordavam e decoravam.

Também notei a dificuldade em lecionar para várias turmas, com muitos alunos em cada uma e tendo apenas duas aulas de Física por semana. A indisciplina prejudicava as aulas daquele professor inexperiente e o ensino com apenas lousa e giz não era a maneira correta de transmitir aos alunos os conceitos formulados com tamanha dedicação pelos físicos e demais estudiosos durante a história das ciências.

Na inquietante busca por novas maneiras de ensinar, conheci o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e pleiteei uma vaga para este mestrado na Universidade Federal de Alfenas, em Minas Gerais, no segundo semestre do ano de 2014.

Neste curso, aprofundei meus conhecimentos em vários conteúdos importantes de Física e também em teorias e métodos de ensino e aprendizagem. Também voltei

a sonhar com uma educação de qualidade e acessível a todos, na qual eu poderia ser um dos atores principais, mudando o modo de lecionar e valorizando a minha formação como professor.

Sempre fui fascinado pela Astronomia, mas na escola aprendi apenas a aplicação matemática das leis de Kepler e um pouco sobre a lei da gravitação universal de Newton. Mesmo assim, fiquei encantado com estas leis, pois os seus cálculos podem prever ou provar a ocorrência de acontecimentos da natureza.

Os meus conhecimentos de Astronomia foram adquiridos por vontade própria, pois aprendi muito pouco desta ciência na escola e, na faculdade, não existia uma disciplina específica ou mesmo introdutória sobre Astronomia.

No mestrado tive a oportunidade de conhecer o professor Artur Justiniano Roberto Júnior, que por sinal foi meu orientador nesta dissertação. Ele me incentivou e mostrou os caminhos para uma área chamada de Educação em Astronomia. Fui aluno especial na disciplina Introdução à Astronomia, lecionada por ele no curso de licenciatura em Física da universidade. Também estudei vários livros e conheci o trabalho de muitos autores desta área.

Esta nova visão de ensino possibilitou uma mudança significativa de minhas aulas e a busca incessante por novas maneiras de ensinar. Por este motivo, tive a oportunidade de desenvolver uma série de atividades que foram aplicadas em minhas próprias aulas de Física, de acordo com a minha realidade docente, de meus alunos e da escola onde leciono. Estas atividades, que ensinam Astronomia para os alunos da educação básica, foram concretizadas no projeto de mestrado que resultou na dissertação aqui apresentada.

1 INTRODUÇÃO

Durante a minha experiência como professor percebi que o conteúdo de Astronomia, quando abordado, é ensinado de maneira superficial, tanto na disciplina de Física, quanto nas disciplinas que abordam algum tema de Astronomia, como em Geografica ou Ciências, por exemplo.

A pouca importância dada ao ensino de Astronomia se contrapõe à importância desta ciência para a humanidade, pois a Astronomia faz parte da cultura de vários povos há milênios, estimula a imaginação humana e instiga a busca por respostas sobre a nossa origem e sobre a origem do Universo.

Além disso, esta ciência possui o caráter interdisciplinar e multidisciplinar, facilitando a sua aplicação. Muitos autores destacam que a Astronomia possui este caráter inter e multidisciplinar, como Tignanelli (1998) ao afirmar que esta é uma característica singular da Astronomia que “poderia ser aproveitada benéficamente em sala de aula como um instrumento de conexão entre as diferentes ciências que nela confluem”.

A importância do ensino desta ciência também foi objeto de estudo de Caniato (1974) que explicou que a Astronomia é um meio para o processo ensino-aprendizagem devido à diversidade dos problemas que ela propõe; à visão global do desenvolvimento humano que ela propicia; pela oportunidade de observar um modelo sobre o funcionamento do Universo, sua crise e substituição por outro modelo; o oferecimento de atividades ao ar livre e que não precisam de materiais e laboratórios caros; a percepção de pequenez diante do Universo e a oportunidade de penetrá-lo com nossa inteligência; pelo efeito motivador do estudo do céu e por outras razões. Sendo assim:

A mais antiga das ciências, indispensável para a fundação da agricultura há 12 mil anos pela oferta do calendário – referência para a preparação, semeadura da terra e determinação das colheitas -, a Astronomia sempre cumpriu uma função de sistematização da máquina do mundo. Assim, contribuiu para a ordenação simbólica das diferentes sociedades humanas. Os maias, certamente, não desenvolveram uma Astronomia sofisticada por simples curiosidade. Assim, a cosmologia, ainda que possa passar despercebida por parte de milhões, de muitas maneiras está na base de uma ordenação com influência até mesmo na saúde mental da população mundial (CAPOZZOLI, 2007, p. 23).

Em relação ao ensino de Astronomia nos documentos oficiais podemos citar as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais –

PCN+, Brasil (2002), que propõem o ensino de Física em seis temas estruturadores: movimentos, variações e conservações; calor, ambiente e usos de energia; som, imagem e informação; equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações; matéria e radiação; Universo, Terra e vida.

O último tema proposto por estas orientações educacionais; Universo, Terra e vida, aborda a Astronomia e está dividido em três partes: Terra e sistema solar, Universo e sua origem e compreensão humana do Universo.

A primeira parte contempla a Astronomia do cotidiano e a segunda relaciona conceitos sobre a origem e evolução do Universo, teorias, modelos, as ordens de grandeza e questões sobre vida extraterrestre. A última parte busca a compreensão da Astronomia como uma construção humana com contribuições sociais, políticas e religiosas. Assim, é:

[...] indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra e vida passam a constituir mais um tema estruturador (BRASIL, 2008, p.19).

A partir do que foi apresentado nos parágrafos anteriores, percebemos a importância do ensino de Astronomia para a formação consciente de nossos alunos em relação ao seu lugar no Universo. Porém, os professores que lecionam disciplinas que possuem conteúdos de Astronomia, como a Física no ensino médio, muitas vezes não têm uma formação adequada para este ensino, como observado por Bretones (1999) e Justiniano, Germinaro e Reis (2014) que investigaram este assunto e constataram que existem poucos cursos no país que oferecem disciplinas específicas de Astronomia, e ainda, que poucos cursos de licenciatura em Física possuem disciplinas relacionadas à esta ciência. Isso nos mostra a necessidade da formação continuada dos professores.

No que se refere ao uso dos recursos computacionais e tecnológicos no processo de ensino de conceitos científicos, como o que será apresentado nessa dissertação com o software Astro 3D, a literatura especializada tem mostrado que, quando são bem utilizados, os recursos computacionais contribuem no processo de aquisição de conhecimento e também na elucidação de concepções alternativas. Ravotto e Bellini (2008), por exemplo, afirmam que a aula interativa realizada com as

Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC, pode ser mais atrativa aos alunos ou, pelo menos, motivá-los para o estudo dos conceitos discutidos. Além deles, os Parâmetros Curriculares Nacionais, Brasil (1998), falam sobre a importância da utilização das tecnologias de informação, uma vez que elas possibilitam novas formas de comunicação que podem permitir novas maneiras de produzir conhecimento. De acordo com esta perspectiva:

O uso de novas tecnologias, em particular, da computação, é algo a ser considerado na elaboração das novas ferramentas para o ensino de Astronomia. Simulações, vídeos, e materiais didáticos virtuais são ótimas ferramentas para a difusão e o ensino da Astronomia, pois aproximam o conteúdo do cotidiano dos estudantes. Além disto, é notável o estímulo dos estudantes quando utilizam estas novas tecnologias, como é o caso da informática. (PESSANHA et al., 2007, s. p.).

É com essa perspectiva – do uso da tecnologia como um meio pedagógico para o ensino de Astronomia – que esse trabalho foi desenvolvido, tendo em vista a dificuldade que os alunos possuem em aprender conceitos astronômicos em sala de aula que necessitam de uma abordagem temporal e espacial. Assim, o uso de recursos tecnológicos que permitem a simulação de fenômenos astronômicos que demorariam intervalos curtos ou longos de tempo para serem observados em tempo real se mostra útil para as aulas de Astronomia.

A partir do próximo capítulo começo a apresentar a dissertação. No Capítulo 2 vou apresentar os conceitos de astronomia de posição que foram utilizados para desenvolver o Astro 3D. No Capítulo 3 apresento os referenciais teóricos utilizados durante o desenvolvimento da sequência didática e os resultados de pesquisas em Ensino de Astronomia. No Capítulo 4, Metodologia, começo apresentando o objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos. Em seguida, explico os recursos metodológicos utilizados para a realização da sequência didática, juntamente com as funcionalidades e características do Astro 3D. Também explico como as aulas foram organizadas em cinco temas. Ao final do capítulo, apresento as atividades propostas para os alunos e o questionário diagnóstico.

No Capítulo 5, Resultados, são mostradas as concepções alternativas identificadas durante as aulas e uma análise qualitativa da sequência didática. Por fim, no Capítulo Conclusões, faço uma análise dos resultados e dos objetivos alcançados e exponho minhas perspectivas sobre trabalhos futuros. No Apêndice está o produto educacional fruto deste trabalho, a sequência de aulas com o Astro 3D.

2 SISTEMAS DE COORDENADAS CELESTES E AS LEIS DE KEPLER

Neste capítulo apresentamos os sistemas de coordenadas horizontal, equatorial e eclíptico e as conversões entre estes sistemas que permitem a localização de um corpo celeste no referencial topocêntrico. Também serão apresentadas as leis de Kepler para os movimentos planetários que permitem a localização dos planetas no referencial heliocêntrico.

O estudo dos sistemas de coordenadas celestes e das leis de Kepler foi importante para a construção do software Astro 3D, pois estes conceitos permitem a simulação dos movimentos dos astros nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico, permitindo que sejam feitas simulações em qualquer localidade do globo terrestre no instante que julgarmos conveniente.

2.1 Os sistemas de coordenadas celestes

Ao estudarmos objetos na superfície terrestre utilizamos o equador terrestre como plano fundamental e a latitude e a longitude como coordenadas geográficas. De maneira análoga, podemos localizar um objeto celeste através de um plano fundamental e de coordenadas celestes. Por isto, foram criados sistemas de coordenadas celestes que nos permitem a localização dos astros no céu.

Para a simulação da posição de uma estrela ou constelação no referencial topocêntrico em um simulador como o Astro 3D, que será apresentado oportunamente, precisamos de um sistema de coordenadas que forneça duas coordenadas para o estudo do movimento aparente destes astros. Como as estrelas estão muito distantes da Terra, seus movimentos orbitais são imperceptíveis, por isto podemos utilizar o sistema de coordenadas equatorial. Transformando as coordenadas equatoriais em coordenadas horizontais, podemos analisar o movimento aparente das estrelas no sistema de coordenadas horizontal em um referencial topocêntrico.

Para a simulação do movimento aparente dos planetas, da Lua e do Sol, no referencial topocêntrico, utilizamos o sistema de coordenadas eclíptico, pois estes corpos variam muito as suas coordenadas equatoriais. Assim, encontramos as coordenadas eclípticas destes corpos para o momento e localidade de observação,

as transformamos em coordenadas equatoriais e, ao final, em coordenadas horizontais.

Em resumo, para simular o movimento de um planeta para um observador em um local qualquer da superfície terrestre precisamos trabalhar com quatro sistemas de coordenadas: o geográfico, o horizontal, o equatorial e o eclíptico. Se o objeto for uma estrela, necessitamos de três sistemas de coordenadas, que são o geográfico, o horizontal e o equatorial.

Nas próximas seções serão apresentados os sistemas horizontal, equatorial e eclíptico que permitem a análise do movimento aparente da Lua, do Sol, dos planetas e das estrelas no referencial topocêntrico. Além disso, serão mostradas as relações matemáticas necessárias para a conversão de um sistema de coordenadas em outro. Mais detalhes sobre estes sistemas de coordenadas podem ser consultados em demais trabalhos, como no livro *Astronomia e Astrofísica*, Oliveira Filho e Saraiva (2014), que auxiliou na elaboração das próximas seções.

2.1.1 O sistema de coordenadas horizontal

Este sistema, também chamado de sistema alta-azimutal, utiliza como plano fundamental o plano que contém o horizonte do observador e são usadas duas coordenadas, o azimute (A) e a altura (h). O azimute é o ângulo medido sobre o horizonte, com origem no ponto cardinal norte, que cresce no sentido horário em direção ao leste e tem sua extremidade no meridiano do astro, variando de 0° a 360° . A altura é o ângulo medido sobre o meridiano do astro, com origem no horizonte e extremidade no astro, variando de 0° a 90° para os astros que estão acima do horizonte e variando de -90° até 0° para astros abaixo do horizonte. Este sistema de coordenadas é apresentado na Figura 1:

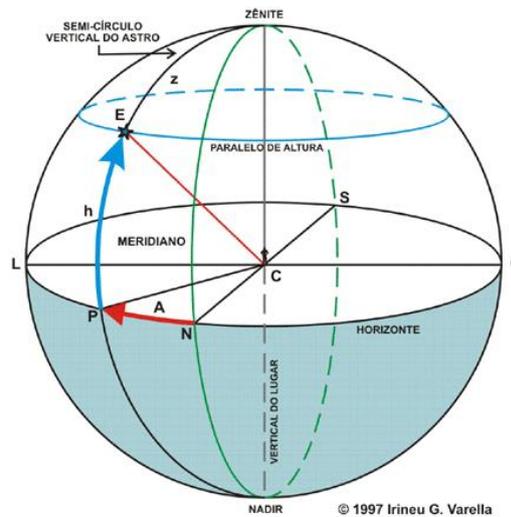


Figura 1 - Sistema de coordenadas horizontal.
Fonte: Uranometria nova (2016a)¹.

Na Figura 1, observamos que o azimute (A) é o ângulo do ponto cardinal norte até a intersecção entre o arco vertical do astro e o horizonte do observador. Algumas vezes, o ponto cardinal sul é utilizado como início do azimute. A altura (h) é o ângulo que se inicia no horizonte até a extremidade do astro. Também observamos que o zênite é o ponto perpendicular ao horizonte que está acima de nossas cabeças e a distância entre o astro e o zênite é chamada de distância zenital (z).

No sistema horizontal, o azimute e a altura dependem da localização geográfica do observador, pois este é um sistema local. Por isto, estas coordenadas celestes mudam a todo momento devido a rotação terrestre. Este sistema depende do horário local e da posição do observador, sendo também chamado de sistema local.

2.1.2 O sistema de coordenadas equatorial

A maneira mais conveniente que utilizamos para a localização dos astros no céu é o uso de uma esfera imaginária, chamada de esfera celeste, que possui a Terra como o seu centro. O prolongamento dos polos geográficos terrestres origina o polo sul celeste e o polo norte celeste. Também existe o prolongamento do equador terrestre, originando o equador celeste. Através desta esfera imaginária, podemos localizar os astros no céu e os seus movimentos, como é mostrado na Figura 2:

¹ Disponível em: <http://www.uranometrianova.pro.br/cursos/astronomia_esferica01/esferica1040.htm>. Acesso em: 10 out. 2016.

Observando a Figura 3, percebemos que este sistema possui o equador celeste como plano fundamental e as coordenadas equatoriais são a ascensão reta e a declinação. Definimos por ascensão reta (α) o ângulo medido sobre o equador celeste, com origem no ponto Gama (γ) até o meridiano do astro. Este ângulo varia entre 0° e 360° e, geralmente, é medido em horas, variando de 0h a 24h. Definimos por ponto Gama o ponto da esfera celeste determinado pela posição aparente do Sol, quando este cruza o equador celeste, em seu movimento pela eclíptica, por volta do dia 21 de março.

A declinação (δ) ou (Dec) é o ângulo medido sobre o meridiano do astro, com origem no equador celeste e extremidade no astro. A declinação varia entre -90° e $+90^\circ$. Por conversão, utilizamos declinações negativas para pontos do hemisfério celeste sul e declinações positivas para pontos do hemisfério celeste norte.

A trajetória aparente do Sol durante o ano é chamada de eclíptica. No início do outono do Hemisfério Sul ou da primavera do Hemisfério Norte, temos a passagem aparente do Sol do hemisfério sul celeste para o hemisfério norte celeste na eclíptica passando pelo ponto Gama.

Como as estrelas estão muito distantes da Terra, seus movimentos orbitais são imperceptíveis durante longos períodos de tempo. Deste modo, podemos considerar que suas coordenadas equatoriais não se alteram devido ao movimento diurno de rotação da Terra, como ocorre com as coordenadas horizontais. Sendo assim, a ascensão reta e a declinação permanecem praticamente constantes, necessitando de correções apenas após muito tempo. O mesmo não ocorre no sistema horizontal, pois este é um sistema local e o azimute e a altura mudam de acordo com a localização geográfica do observador.

2.1.3 O sistema de coordenadas eclíptico

Assim como os sistemas horizontal e equatorial, o sistema eclíptico também possui um plano fundamental e duas coordenadas celestes. O plano fundamental deste sistema é o plano da órbita terrestre em torno do Sol, o plano da eclíptica. Este é um sistema útil para estudarmos os corpos do sistema solar, pois estes corpos, principalmente os planetas, estão em órbitas praticamente coplanares. Na Figura 4, apresentamos o sistema de coordenadas eclíptico.

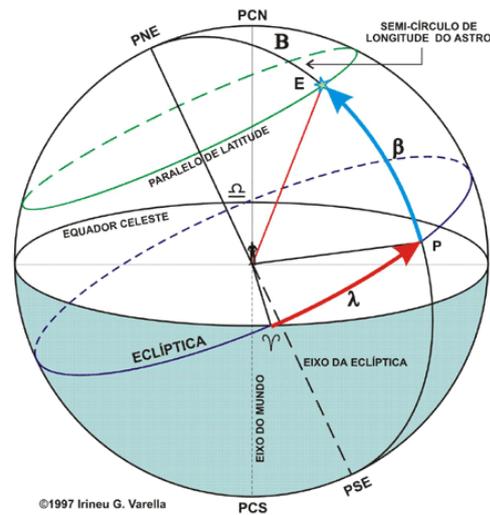


Figura 4 - Sistema de coordenadas eclíptico.
Fonte: Uranometria nova (2016c)³.

Na Figura 4, percebemos que este sistema é muito parecido com o sistema equatorial, a diferença principal é o fato de que o plano fundamental não é o plano do equador celeste e sim o plano da eclíptica. Além disso, no sistema de coordenadas eclíptico, temos a longitude eclíptica (λ) e a latitude eclíptica (β). Semelhante ao sistema equatorial, o ponto Gama é utilizado como referência.

A latitude eclíptica β é medida a partir da eclíptica, sendo positiva em direção ao polo norte da eclíptica e negativa em direção ao polo sul. Assim, latitudes acima do plano eclíptico são positivas e abaixo deste plano são negativas, indicando que a latitude varia de -90° a 90° . A longitude eclíptica λ é medida a partir do ponto Gama, em direção ao leste variando de 0° a 360° .

2.2 Conversões entre os sistemas de coordenadas celestes

Como os movimentos orbitais das estrelas são imperceptíveis por longos períodos, podemos simular o movimento aparente das estrelas para um referencial topocêntrico através da transformação das coordenadas equatoriais para as coordenadas horizontais do observador. Como os planetas possuem movimento orbital variável, visto da Terra, é necessário utilizarmos as coordenadas do sistema

³ Disponível em: <<http://www.uranometrianova.pro.br/cursos/astrofotografia01/esferica1070.htm>>. Acesso em: 10 out. 2016.

astro que está sendo analisado. Este ângulo varia ao longo do dia de -12h a +12h. O sinal positivo indica que o astro está a oeste do meridiano e o sinal negativo indica que o astro está a leste do meridiano. Enquanto a ascensão reta é uma medida angular, o ângulo horário é uma medida de tempo.

Para a contagem do tempo, precisamos converter a data e o horário de observação em dias julianos e depois, conhecendo a longitude do local, calcular o Tempo Sideral Local (TSL). Explicações aprofundadas sobre estes conceitos e cálculos necessários podem ser encontradas nos trabalhos de Justiniano e Botelho (2016).

Ao analisarmos os trabalhos de Bierrenbach (2016), percebemos que existe uma relação entre o ângulo horário, o tempo sideral local e a ascensão reta que é dada pela equação:

$$H = TSL - \alpha \quad (1)$$

Nesta equação, se o ângulo horário for negativo, precisamos adicionar 24 horas ao ângulo horário apresentado.

As coordenadas horizontais mudam rapidamente no decorrer das observações e pela posição do observador, sendo preciso utilizar coordenadas temporais, como o ângulo horário.

Podemos calcular as coordenadas horizontais das estrelas através das coordenadas equatoriais, com as equações presentes nos trabalhos de Lawrence (1989):

$$h = \text{sen}^{-1} [\text{sen} (\delta) . \text{sen} (\varphi) + \text{cos}(\delta) . \text{cos}(\varphi) . \text{cos}(H)] \quad (2)$$

$$A = \text{cos}^{-1} \left[\frac{\text{sen} (\delta) - \text{sen} (\varphi) . \text{sen} (H)}{\text{cos}(\varphi) . \text{cos}(H)} \right] \quad (3)$$

Se $H > 0$, devemos considerar $A' = 360^\circ - A$.

2.2.2 Conversões entre os sistemas eclíptico e equatorial

Como os objetos do sistema solar estão em constante movimento, as coordenadas horizontais e equatoriais não são convenientes para o cálculo da localização destes objetos. Por isto, precisamos utilizar as coordenadas eclípticas

destes corpos, pois estas coordenadas não se alteram rapidamente como as coordenadas horizontais e equatoriais.

Como dito anteriormente, ao simularmos o movimento aparente dos objetos do sistema solar para um referencial topocêntrico, precisamos utilizar as coordenadas eclípticas destes objetos, transformá-las em coordenadas equatoriais e, finalmente, em coordenadas horizontais.

Para convertermos o sistema eclíptico para o sistema equatorial, precisamos saber a obliquidade da eclíptica, denotada pela letra ε . Esta obliquidade possui um valor médio de $23^\circ 26'$ mas, para uma maior precisão, este valor deve ser calculado em relação ao tempo. Quando são apresentadas a ascensão reta e a declinação, é preciso indicarmos o instante de tempo em que as medições estão sendo aplicadas, este instante é chamado de *época padrão*. Muitos atlas e catálogos de estrelas utilizam catálogos do ano 2000, por exemplo, e a obliquidade da eclíptica deve ser calculada para a época padrão presente no catálogo ou atlas.

De acordo com Lawrence (1989), a obliquidade da eclíptica é calculada por:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{46,845T + 0,0059T^2 - 0,00181T^3}{3,600} \quad (4)$$

Nesta equação, $\varepsilon_0 = 23,452294$ e representa a obliquidade da eclíptica para a época padrão de 1900 e T representa o número de séculos julianos desde 1900. Ressaltamos que os detalhes sobre o cálculo dos séculos julianos e a data juliana, podem ser encontrados em Lawrence (1989) e Bierrenbach (2016). Estes cálculos foram aplicados na construção de uma carta celeste e foram explicados em detalhes por Justiniano e Botelho (2016).

Utilizando a obliquidade da eclíptica (ε), a longitude eclíptica (λ) e a latitude eclíptica (β), podemos transformá-las nas coordenadas equatoriais declinação (δ) e ascensão reta (α), utilizando as relações que podem ser encontradas nos trabalhos de Lawrence (1989):

$$\sin \delta = \sin \beta \cdot \cos \varepsilon + \cos \beta \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda \quad (5)$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \lambda \cdot \cos \varepsilon - \tan \beta \cdot \sin \varepsilon}{\cos \lambda} \quad (6)$$

Para estudarmos o movimento aparente dos astros do sistema solar, no referencial topocêntrico, primeiro são utilizados os elementos orbitais dos astros, como a excentricidade das órbitas e a data da observação para o cálculo das

coordenadas eclípticas que devem ser transformadas em coordenadas equatoriais com as equações apresentadas nesta seção. Após isso, com a informação do local e do momento da observação, são calculadas as coordenadas horizontais com as equações 2 e 3.

2.3 As leis de Kepler para os movimentos planetários

Para simularmos o movimento dos planetas, da Lua e da Terra no referencial heliocêntrico, é necessária a utilização das três leis de Kepler que estudam os movimentos planetários. Estas leis consideram o Sol como referencial fixo e, devido ao efeito da gravitação universal, os planetas deslocam-se em trajetórias elípticas em torno do Sol. O mesmo ocorre com qualquer corpo que possua interação gravitacional em torno de outro corpo que esteja em repouso de acordo com o referencial adotado. A Lua orbitando a Terra, os satélites artificiais e as luas de Júpiter são exemplos desta interação.

Na sequência serão apresentadas as três leis de Kepler que auxiliaram na simulação dos movimentos no referencial heliocêntrico do software Astro 3D, que será descrito no quarto capítulo. O uso destas leis permite várias simulações dos movimentos dos planetas, da Terra e da Lua no referencial heliocêntrico, sendo importantes para os softwares que simulam estes movimentos.

Estudos detalhados sobre as leis de Kepler podem ser encontrados em vários trabalhos, como em Goldstein (1980), Yoshida (1988); Halliday et al. (1993) e Oliveira Filho e Saraiva (2014) que foram utilizados para a elaboração das próximas seções.

2.3.1 Primeira lei de Kepler

Esta lei explica que os planetas possuem órbitas elípticas e que o Sol se encontra em um dos focos. Como estas órbitas são elípticas, a distância do planeta ao Sol varia ao longo do movimento de translação deste planeta. Na Figura 6, é apresentada uma elipse com os seus elementos.

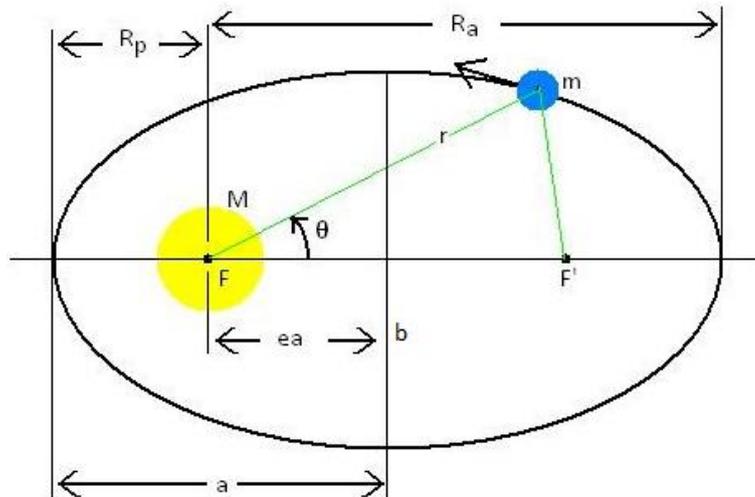


Figura 6 - Representação de uma elipse.
Fonte: Infoescola (2016)⁵.

As elipses possuem dois focos (F e F'), um semieixo maior a , um semieixo menor b e a distância do centro da elipse a cada foco ea . A Figura 6 apresenta uma elipse com grande excentricidade da órbita (e), representando uma elipse qualquer. É importante ressaltarmos que as órbitas dos planetas não possuem grandes excentricidades como a elipse apresentada na Figura 6. A relação entre os elementos da elipse pode ser expressa por

$$e = \frac{ea}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (7)$$

Adotando-se um sistema de coordenadas polares com polo no Sol e eixo na direção Sol-periélio da órbita do planeta, a distância (r) do planeta ao Sol é calculada para cada posição deste planeta pela *anomalia verdadeira* através da expressão

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos\theta} \quad (8)$$

Além da distância (r), da excentricidade (e) e da anomalia verdadeira (θ), esta expressão também utiliza o semieixo maior da órbita (a). A anomalia verdadeira é o ângulo formado pelo seguimento Sol-planeta e o eixo maior da elipse, contado a partir do periélio.

⁵ Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/primeira-lei-de-kepler/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

2.3.2 Segunda lei de Kepler

Também conhecida como Lei das Áreas, esta lei afirma que a reta que une um planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Se a órbita dos planetas fosse circular, a velocidade linear dos planetas seria constante, porém isso não ocorre. Quanto mais próximo um planeta se encontra do Sol, maior será o módulo de sua velocidade linear e quanto mais afastado, menor será o módulo de sua velocidade linear. Como as trajetórias dos planetas possuem pequena excentricidade, a variação do módulo da velocidade linear destes planetas é pequena.

Como a reta que une o planeta ao Sol percorre áreas (A) iguais em tempos (t) iguais, temos a relação

$$\frac{dA}{dt} = r^2 \frac{d\theta}{dt} \quad (9)$$

Nesta expressão, r representa a distância do planeta ao Sol e θ é a anomalia verdadeira deste planeta. Além disso, se conhecermos o período da órbita (T), a segunda lei torna possível a determinação da posição do planeta em função do tempo. Entretanto, isto não pode ser feito diretamente, com expressões analíticas para $r(t)$ e θ , pois não existe uma relação simples entre a posição do planeta e a área percorrida pelo raio vetor. Johannes Kepler mostrou que o problema pode ser reduzido ao cálculo da raiz de uma equação transcendental:

$$M = E - e \cdot \sin(E) \quad (10)$$

Nesta equação, E é o ângulo chamado por Kepler de *anomalia excêntrica* e M é a *anomalia média*, que pode ser calculada por:

$$M = \frac{2\pi}{T} t \quad (11)$$

Resolvendo esta equação por um método numérico, como o método apresentado por Gilat e Subramaniam (2008), encontramos o valor de E e podemos encontrar a posição (x, y) do planeta no plano heliocêntrico da órbita por meio das equações

$$x = r \cdot \cos(\theta) = a \cdot [\cos(E) - e] \quad (12)$$

$$y = r \cdot \sin(\theta) = a \cdot \sqrt{1 - e^2} \cdot \sin(E) \quad (13)$$

Essa metodologia é utilizada no Astro 3D para posicionar os planetas nas suas órbitas ao redor do Sol e a Lua em sua órbita ao redor da Terra.

2.3.3 Terceira lei de Kepler

Também conhecida como lei harmônica ou lei dos períodos enuncia que o quadrado do período da órbita de um planeta ao Sol é diretamente proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol. Sendo assim, planetas com órbitas maiores se movem mais devagar do que planetas com órbitas menores, implicando que a força entre o Sol e o planeta diminui com a distância. A relação entre o período (T) e o raio médio da órbita (r) de um planeta ao Sol é definida por

$$T^2 = k \cdot r^3 \quad (14)$$

Esta constante k possui aproximadamente o mesmo valor para todos os planetas. Para encontrarmos o valor aproximado desta constante, podemos considerar um planeta em movimento circular uniforme, com o Sol sendo o referencial inercial. Deste modo, a força gravitacional entre o planeta e o Sol age como uma força resultante centrípeta do movimento circular uniforme, como é mostrado abaixo:

$$F_C = F_G$$

Neste caso, a força resultante centrípeta (F_C) é igual, em módulo, à força gravitacional (F_G). Isto resulta em

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{G \cdot m \cdot M}{R^2}$$

Nesta equação, a massa (m) do planeta é cancelada. O módulo da velocidade linear (v), a constante gravitacional newtoniana (G) e o raio médio (R) da órbita do planeta são relacionados, como é mostrado abaixo

$$v^2 = \frac{G \cdot M}{R} \quad (15)$$

Podemos considerar que o planeta demora um período T para realizar seu movimento de translação em torno do Sol e que este movimento é circular. Sendo assim

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \quad (16)$$

Relacionando as equações (15) e (16), temos

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G.M} \right) \cdot R^3 \quad (17)$$

Fazendo a comparação com a equação (14), encontramos a constante k :

$$k = \frac{4\pi^2}{G.M} \quad (18)$$

A generalização da terceira lei de Kepler, através das leis de Newton é:

$$P^2 = \frac{4\pi^2 \cdot a^3}{G(m+M)} \quad (19)$$

Sendo P o período do planeta, G a constante gravitacional de Newton, m a massa do planeta, M a massa do Sol e a o semieixo maior da órbita do planeta. Por esta generalização, percebemos que a constante de Kepler depende da soma das massas do Sol e do planeta. Como a massa do Sol é muito maior que a massa dos planetas, esta soma será igual à massa do Sol e será, aproximadamente, constante para todos os planetas.

Ao finalizarmos este breve estudo sobre as leis de Kepler para os movimentos planetários, percebemos que as simulações do Astro 3D para o referencial heliocêntrico, necessitam dos dados dos elementos orbitais dos corpos que serão analisados, como a excentricidade da órbita do planeta, o semieixo desta órbita e demais elementos que precisam ser armazenados em um banco de dados do software para que o usuário simule o movimento no referencial heliocêntrico em uma data, horário e localidade que desejar do globo terrestre.

3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo serão apresentados os Três Momentos Pedagógicos que nortearam todas as etapas da sequência didática e também serão apresentados resultados de pesquisas da área de Educação em Astronomia que contribuíram para o estudo e aplicação da sequência de aulas e da dissertação.

3.1 Os Três Momentos Pedagógicos

Embora existam outros referenciais teóricos na literatura, optamos pelo uso dos Três Momentos Pedagógicos, pois este referencial possibilita o acompanhamento progressivo do distanciamento crítico dos alunos em relação às concepções alternativas, ou conceitos intuitivos, para a assimilação correta desses conhecimentos. Este referencial permite a problematização dos conhecimentos que são abordados nas aulas, a organização e a aplicação destes conhecimentos através de atividades que os próprios alunos podem realizar.

Durante um projeto de ensino de ciências na Guiné-Bissau, Demétrio Delizoicov e José André Peres Angotti, inspirados nas teorias de Paulo Freire, desenvolveram uma dinâmica para ser utilizada na sala de aula com temas pré-definidos. Esta dinâmica é denominada atualmente por “Três Momentos Pedagógicos”. Estes três momentos começaram a ser disseminados com a publicação dos livros *Metodologia do Ensino de Ciências*, Delizoicov e Angotti (1994) e *Física*, Delizoicov e Angotti (1992) e através da abordagem temática, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Inicialmente abordada por Delizoicov (1982), esta dinâmica didático-pedagógica permite a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para os chamados espaços formais de educação.

Paulo Freire propôs que, ao planejarmos atividades de ensino, deve existir a articulação dos conhecimentos através de temas, que foram denominados de *temas geradores*. Nestes temas geradores, é necessário trabalhar com o conhecimento prévio do aluno, através do processo de *codificação-problematização-descodificação* (FREIRE, 1975). Este processo é estruturado através dos Três Momentos Pedagógicos, Delizoicov (1991), que estão organizados nas próximas seções.

3.1.1 Problematização inicial

Este primeiro momento é iniciado com algumas questões propostas pelo professor a respeito de situações reais que são presenciadas pelos alunos em seu cotidiano e que estão relacionadas com os temas a serem estudados. Os alunos expõem o que pensam sobre as questões propostas e o professor deve analisar as respostas destes alunos e o debate que é iniciado. As questões apresentadas podem ser analisadas em um *pequeno grupo* para depois serem discutidas com todos os alunos em um *grande grupo*.

O professor possui a função de questionar os posicionamentos dos alunos, lançando dúvidas sobre o tema apresentado e instigando o debate. Também é função do professor analisar a compreensão e apreensão dos alunos em relação às questões discutidas, evitando dar explicações, neste momento, sobre as questões apresentadas.

Neste primeiro momento, é almejado que o aluno faça um distanciamento crítico quando defronta com as interpretações das situações apresentadas e sinta a necessidade de adquirir conhecimentos que ainda não possui para resolver o problema proposto. Por isso, os autores destacam que:

A problematização poderá ocorrer pelo menos em dois sentidos. De um lado, pode ser que o aluno já tenha noções sobre as questões colocadas, fruto da sua aprendizagem anterior, na escola ou fora dela. Suas noções poderão estar ou não de acordo com as teorias e as explicações das Ciências, caracterizando o que se tem chamado de “concepções alternativas” ou “conceitos intuitivos” dos alunos. A discussão problematizadora pode permitir que essas concepções apareçam. De outro lado, a problematização poderá permitir que o aluno sinta a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, coloca-se para ele um problema para ser resolvido. Eis porque as questões e situações devem ser problematizadas (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p.194).

3.1.2 Organização do conhecimento

Durante a problematização inicial, o professor analisa os conhecimentos que precisam ser compreendidos para o entendimento do tema proposto. Neste segundo momento, estes conhecimentos são estudados através de várias atividades com o objetivo de desenvolver a conceituação física para a compreensão das situações

problematizadas, sendo necessário o estudo dos saberes científicos envolvidos no primeiro momento. Desse modo:

A abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 194).

3.1.3 Aplicação do conhecimento

Após a realização de atividades que buscam a generalização dos conceitos físicos necessários para a compreensão do tema proposto, é necessário abordar o conhecimento que está sendo incorporado pelo aluno em relação às situações apresentadas na problematização inicial. Além de abordar os conhecimentos sobre as situações iniciais, é preciso a análise e a interpretação das situações iniciais e de situações que, mesmo não estando ligadas diretamente aos problemas iniciais, podem ser compreendidas pelo conhecimento que foi assimilado.

O objetivo deste último momento é a capacitação dos alunos para o emprego dos conhecimentos adquiridos nas situações reais, não apenas utilizando as técnicas matemáticas estudadas e sim o potencial conscientizador e explicativo destes alunos quando se depararem com as situações apresentadas durante estes três momentos.

Neste último momento é buscada a *generalização da conceituação*, ou seja, quando o aluno é capaz de identificar e empregar a conceituação científica que está envolvida na problematização, sendo que “é o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que deve ser explorado” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p.202).

3.2 Resultados de pesquisas sobre a Educação em Astronomia

É observado o esforço contínuo de vários pesquisadores da área de Educação e também de Astronomia em busca de novas alternativas para o ensino desta ciência. As diversas indagações a respeito da ciência que estuda os céus, muitas vezes são sanadas por mitos e várias concepções alternativas prejudiciais ao desenvolvimento dos conceitos científicos do aluno. Por isto, são propostas intervenções no modo que

a Astronomia é ensinada, desde a formação do professor até a utilização de tecnologias no ensino desta ciência. Sendo assim:

Há uma necessidade de começar a preparar estratégias de ensino que caminhem em direção a uma compreensão de aspectos de Astronomia que avancem para além do conhecimento isolado de nomes, distâncias e definições (LONGHINI; MORA, 2010, p.103).

Para estas várias intervenções no ensino de Astronomia, foram feitas diversas pesquisas em busca de solucionar as dificuldades enfrentadas ao ensinar esta ciência no país, como as pesquisas de Langhi e Nardi (2012) no livro *Educação em Astronomia - Repensando a formação de professores*, Bretones (2006) em seus levantamentos sobre as publicações brasileiras em Astronomia, os trabalhos de Canalle (2003), Langhi (2004), Menezes (2011) e vários outros trabalhos que contribuem para a divulgação e melhoria do ensino desta ciência.

Destacam-se também os erros encontrados em livros didáticos em Boczko (2003), a falta de recursos didáticos para elaborar experimentos em sala de aula com Bucciarelli (2001) e as concepções errôneas de professores de ciências em Leite (2007).

Cox (2008), Medeiros e Medeiros (2002), Germinaro e colaboradores (2014), Justiniano e colaboradores (2014), além dos trabalhos de Longhini e Mora (2010), Longhini e Menezes (2010), Brasil (2009) e diversos outros trabalhos também contribuem para uma visão crítica a respeito da maneira na qual a Astronomia é ensinada em nossas escolas.

Um dos problemas no ensino de Astronomia é que, segundo Longhini e Matsunaga (2008, p.2), “o ensino de astronomia, como o de outras áreas das ciências, [...] é pautado, na maior parte das vezes, pela transmissão de conteúdos, os quais são oferecidos prontos aos alunos por meio de livros didáticos e apostilas”.

O problema do uso exclusivo do livro didático é apontado por Leite (2006) ao explicar que os livros frequentemente apresentam uma Astronomia impositiva, fragmentada, com persistentes erros conceituais e com poucas imagens que realmente demonstram os fenômenos de nosso cotidiano. Este tipo de ensino é chamado por Bisch (1998) de *ensino livresco*, sendo um ensino tradicionalista e mecânico. Desse modo:

O desenvolvimento de atividades práticas mostra que o Ensino de Astronomia necessita de um enfoque menos tradicionalista, baseado em livros didáticos. Na busca da excelência do ensino, nós professores, temos que ir além daquilo que nos é oferecido em livros didáticos, a pesquisa de trabalhos nesta rota e a formação continuada são suportes que podem trazer grandes benefícios e mudanças na forma como se ensina a Astronomia (LEITE, 2006).

Entre os demais problemas enfrentados no ensino de Astronomia, Bretones e Compiani (2010) destacam que na legislação que rege a formação de professores não há determinação específica sobre os conteúdos de Astronomia que devem ser ensinados nas licenciaturas, fazendo com que os cursos superiores ofereçam poucas oportunidades para que exista uma formação inicial de professores aptos a lecionar conteúdos astronômicos.

As chamadas concepções alternativas em Astronomia foram objeto de estudo de muitas pesquisas internacionais, como as pesquisas de Krauss (2003) e Afonso (1995), por exemplo. Camino (1995) analisou as concepções alternativas apresentadas por professores sobre o dia e a noite. Este último autor chamou estas concepções de modelos explicativos, mostrando que muitos professores acreditam que as estações do ano ocorrem devido à variação da distância da Terra ao Sol, que a órbita terrestre em torno do Sol possui grande excentricidade e outros modelos explicativos que não são coerentes com as explicações científicas.

Entre os vários trabalhos de autores brasileiros sobre concepções alternativas, Teodoro e Nardi (2001) investigaram as concepções de alunos sobre a gravidade, mostrando que muitos discentes acreditavam que a gravidade necessita da presença de atmosfera, que a ausência de atmosfera permite que os astronautas flutuem, que os corpos não possuem peso no vácuo, entre outras concepções.

Leite (2002) analisou a dificuldade dos alunos na articulação de respostas sobre as estações do ano, fases da Lua, eclipses e a ocorrência do dia e da noite. Nestes e em vários outros trabalhos, é notado que precisamos elaborar atividades que possibilitem a conceituação correta dos fenômenos astronômicos.

Diante desses desafios ao ensinar Astronomia, desde o final da década de 1990, houve um avanço significativo da produção científica do Brasil na área de Educação em Astronomia. Isto foi verificado por Bretones (2011) com a implantação do “Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia”. Neste trabalho,

é notado que este aumento em pesquisas da área se deve, em grande parte, à criação de programas de pós-graduação em Ensino de Ciências.

Além da criação dos cursos de pós-graduação, também pode ser uma causa do crescimento destas publicações a inserção da Educação em Astronomia nas diretrizes oficiais brasileiras para a educação básica a partir dos últimos anos de 1990.

No Ensino Fundamental, um dos quatro eixos temáticos do ensino de Ciências é o eixo “Terra e Universo”, proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, Brasil (1997,1998). No Ensino Médio, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, PCN+, Brasil (2002), ressaltam que um dos seis temas estruturadores é o tema “Universo, Terra e Vida”.

A partir do crescente número de publicações sobre o ensino desta ciência em nossas escolas, também é observado que muitos autores buscam a interação entre os demais ambientes que ensinam ou divulgam esta ciência, mostrando que não é apenas função da escola difundir os ensinamentos de Astronomia. Por isto

Recomendamos, assim, um esforço geral das comunidades científica, escolar, de astrônomos amadores e dos estabelecimentos relacionados (planetários, observatórios, museus, etc.) em mudar efetivamente o quadro atual no que tange à Educação em Astronomia [...] (LANGHI, 2011, pg. 392).

Para contribuir com as pesquisas referentes ao ensino de Astronomia em nossas escolas, a sequência didática que será apresentada nesta dissertação pode ser utilizada para a análise das concepções alternativas investigadas pelos principais autores da área e permite o uso de diversos recursos centrados no software Astro 3D, para que estas concepções sejam analisadas pelo próprio aluno e que este aluno compreenda que os exemplos, simulações e atividades propostas pelo professor demonstram as explicações corretas para os fenômenos astronômicos estudados.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo apresentamos a metodologia utilizada para a organização, aplicação e análise das aulas que utilizam o Astro 3D para o ensino de Astronomia. Sendo assim, nas próximas seções serão apresentados os recursos que utilizamos para a elaboração e aplicação da sequência didática. Assim, o software Astro 3D será explicado, juntamente com as suas funcionalidades. Além disso, serão apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho, as etapas da sequência didática e as aulas propostas. Ao final, também serão apresentadas as atividades práticas na sala de informática e o questionário diagnóstico.

4.1 Conhecendo o software Astro 3D

O Astro 3D é um software livre⁶ que simula o movimento dos astros nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico. No referencial topocêntrico, é apresentado o movimento aparente dos astros como visto por um observador na superfície terrestre, em três dimensões. No referencial heliocêntrico, é apresentado o movimento dos planetas visto por um observador em uma perspectiva fora do sistema solar, em duas dimensões. Além disso, este software permite a observação de fenômenos astronômicos que levariam horas, dias ou anos para serem observados em tempo real. A simulação do movimento dos astros pode ser feita para qualquer local da superfície terrestre no passado, no presente e no futuro.

O Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG, foi responsável pelo desenvolvimento do Astro 3D, utilizando a linguagem de programação Java, o ambiente de desenvolvimento integrado Eclipse e a interface de programação de aplicações gráficas OpenGL.

Na Figura 7 são apresentadas as telas do Astro 3D para o movimento dos astros no referencial topocêntrico e no referencial heliocêntrico.

⁶ Este software encontra-se disponível para download, assim como o Apêndice desta dissertação no endereço eletrônico: <<http://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/node/20>>. Acesso em: 20 nov. 2016.



Figura 7 - Telas do Astro 3D para os movimentos dos astros.

Fonte: Feito pelo autor com base no software Astro 3D.

Nota: Simulação no referencial topocêntrico (esquerda) e heliocêntrico (direita).

Na tela do movimento no referencial topocêntrico percebemos que o observador está com os braços abertos, sendo que o seu braço direito aponta para o ponto cardinal leste, o braço esquerdo para o ponto cardinal oeste, seu rosto para o ponto cardinal norte e suas costas para o ponto cardinal sul. Na esquerda desta mesma tela existem os comandos do software, em que o usuário pode selecionar um local pré-determinado, como uma cidade ou trópico, por exemplo. Caso o usuário queira utilizar outras coordenadas é possível inseri-las manualmente através da *Latitude* e da *Longitude*. Também podem ser inseridos a *Data* e o horário de observação.

Quando o usuário seleciona a função *Observar Rastro dos Astros*, pode escolher qual o intervalo de observação que será utilizado, apenas inserindo o valor desejado no espaço *No intervalo de* e depois escolhendo *Hora*, *Dia*, *Dia Sideral*, *Mês* ou *Ano*. Em seguida, pode ser selecionado o astro a ser estudado, clicando em *Sol*, *Lua*, *Planeta* ou *Constelação*. Também podem ser selecionados vários astros ao mesmo tempo. Para finalizar, é necessário clicar em *Visualizar Movimento Aparente* e observar o rastro dos astros no céu, clicando no símbolo (+) para prosseguir com o movimento ou no símbolo (–) para retornar a um horário ou data específicos.

Para visualizar o movimento dos astros no referencial heliocêntrico, é necessário clicar em *Visualizar Movimento Real*, onde é apresentada a tela do movimento no referencial heliocêntrico, na qual o usuário poderá selecionar o movimento neste referencial para *Vênus*, *Terra*, *Marte*, *Mercúrio* ou *Lua* e observar a órbita destes corpos celestes.

O software disponibiliza as constelações zodiacais, o Cruzeiro do Sul e a

constelação da Ursa Menor, que possui a Estrela Polar. Além disso, todos os planetas do sistema solar estão disponíveis para o estudo de seus movimentos.

Na Figura 8 apresentamos uma simulação com o Astro 3D. Para isso, analisamos o rastro do Sol durante o dia 20/06/2016 no Trópico de Capricórnio, de hora em hora. Este é o dia do solstício de inverno do Hemisfério Sul, sendo o dia mais curto do ano, neste hemisfério, e o dia de maior aproximação aparente do Sol em relação ao Norte.



Figura 8 – Simulação do solstício de inverno do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor com base no software Astro 3D.

Ao observarmos a tela de movimento no referencial topocêntrico, percebemos que o Sol nasce, nesta data e localização, um pouco antes das 07:00 e se põe um pouco depois das 17:00. O professor pode contar com os alunos a duração deste dia, mostrando que este é o dia mais curto do ano para este hemisfério. Também percebemos que o Sol não nasce no ponto cardeal leste, nascendo mais afastado deste ponto cardeal em direção ao Norte. O mesmo ocorre com o ocaso do Sol, afastado do ponto cardeal oeste em direção ao Norte.

Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a órbita terrestre não é uma elipse exagerada, como mostrada em muitas imagens errôneas de alguns livros didáticos, como observado por Boczko (2003). Além disso, o professor pode explorar vários conceitos astronômicos, fazendo o rastro dos astros em dias até chegar ao dia 22/09/2016, por exemplo, como é mostrado na Figura 9.



Figura 9 – Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul.
 Fonte: Feito pelo autor com base no software Astro 3D.

Este foi apenas um exemplo da aplicabilidade do Astro 3D para o ensino de Astronomia, mostrando que podemos analisar os fenômenos astronômicos em várias datas e localidades do globo terrestre. Além disso, a movimentação do modelo com o mouse agrega um recurso interessante para o professor explicar os conteúdos envolvidos, mostrando as simulações de vários ângulos, aumentando muito a interatividade e flexibilidade da ferramenta.

4.2 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é apresentar o desenvolvimento, aplicação em sala de aula e análise dos resultados obtidos com o produto educacional sequência de aulas com o Astro 3D para o ensino de fenômenos astronômicos na educação básica.

4.3 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

a) analisar o uso do software Astro 3D na sala de aula, no ensino de Astronomia, proporcionando uma visão crítica do professor quanto à sua prática docente e permitindo a busca de novas alternativas para ensinar alunos conectados ao mundo da tecnologia;

b) aplicar os Três Momentos Pedagógicos nas aulas que abordam conceitos de

Astronomia junto com o Astro 3D e avaliar a viabilidade desta metodologia no ensino de fenômenos astronômicos;

c) apresentar uma metodologia de ensino de Astronomia com o Astro 3D através do desenvolvimento de aulas específicas para diversos conteúdos desta ciência.

4.4 Planejamento, seleção de conteúdos e elaboração das aulas

O Astro 3D possibilita a simulação de vários fenômenos astronômicos presentes em nosso cotidiano. Por este motivo, analisamos os principais conceitos de Astronomia que devem ser ensinados na educação básica. Esta análise foi realizada através do estudo de trabalhos da área de Educação em Astronomia, como o catálogo de concepções alternativas de Langhi (2011), em que são apresentados os conceitos astronômicos que os alunos, em geral, possuem mais dificuldades. Além disso, o livro *Educação em Astronomia – Repensando a Formação de Professores* de Langhi e Nardi (2012), apresenta um estudo detalhado sobre os conceitos astronômicos que devem ser ensinados na educação básica.

Para a seleção dos conceitos astronômicos que foram utilizados na sequência didática, também analisamos as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+, Brasil (2002) que dividem o ensino de Física em seis eixos temáticos, sendo que o sexto eixo: Universo, Terra e vida, é o foco desta sequência didática. Além disso, este eixo está dividido em três partes: Terra e Sistema Solar, Universo e sua origem e compreensão humana do Universo. Neste trabalho optamos por utilizar, com mais detalhes, a primeira parte deste eixo, na qual podemos estudar os fenômenos astronômicos que ocorrem em um referencial topocêntrico e em um referencial heliocêntrico.

Diante da análise dos conteúdos de Astronomia apresentados no catálogo de concepções alternativas de Langhi, no livro *Educação em Astronomia – Repensando a Formação de Professores* e nas PCN+, organizamos cinco temas, que são:

- a) tema 1: A Astronomia e sua importância em nossas vidas;
- b) tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia;
- c) tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano;
- d) tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses;
- e) tema 5: O movimento dos planetas e suas características.

Os cinco temas foram organizados em nove aulas de 50 minutos. Estas aulas foram elaboradas em slides no formato *Prezi* e disponibilizadas em um blog⁷ que criamos para que os alunos pudessem consultar estas aulas.

Após a organização dos temas, foram elaboradas atividades para serem feitas na sala de informática. Estas atividades permitem que o próprio aluno utilize o Astro 3D e análise o seu aprendizado em relação aos conceitos astronômicos explicados durante as aulas. Além disso, elaboramos um questionário diagnóstico para avaliar a aprendizagem dos alunos ao final das aulas.

Para as atividades na sala de informática, para a realização do questionário diagnóstico e para as considerações finais com os alunos, foram estimadas quatro aulas de 50 minutos. Deste modo, são estimadas treze aulas de 50 minutos para a aplicação de toda a sequência didática. É necessário ressaltar que esta é apenas uma proposta e que as aulas, a elaboração dos temas e a aplicação das atividades, podem ser alteradas de acordo com a realidade do professor, dos alunos e da escola em que esta sequência será aplicada.

Na Tabela 1, apresentamos a duração das aulas, das atividades na sala de informática, do questionário diagnóstico e das considerações finais:

Tabela 1 – O cronograma da sequência didática

Atividades propostas	Duração em número de aulas
Aula do tema 1	1 aula
Aulas do tema 2	2 aulas
Aulas do tema 3	2 aulas
Aulas do tema 4	2 aulas
Aulas do tema 5	2 aulas
Atividades na sala de informática	2 aulas
Aplicação do questionário diagnóstico	1 aula
Considerações finais com os alunos	1 aula

Fonte: Feito pelo autor.

Nas próximas seções, os temas propostos, as atividades na sala de informática e a avaliação da aprendizagem serão apresentados com mais detalhes.

⁷ O blog encontra-se disponível em: <<http://leandrodonizetemoraes.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

4.5 Os temas organizadores da sequência didática

Ao iniciar as aulas desta sequência didática é necessário que o aluno compreenda a importância da Astronomia em nossas vidas, através da história desta ciência, das contribuições da Astronomia para outras áreas do conhecimento e para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Após este início, é importante que o aluno entenda os principais conceitos astronômicos presentes no nosso cotidiano, como a esfera celeste, por exemplo.

Também é preciso que seja explicado sobre os fenômenos relacionados com o movimento do Sol no referencial topocêntrico e heliocêntrico, como as estações do ano, e os fenômenos relacionados com os movimentos da Lua, como as fases da Lua, por exemplo. Ao final, é necessário explicar sobre os movimentos dos planetas e a importância da compreensão desses movimentos para entendermos o funcionamento do sistema solar.

Os conceitos descritos nos parágrafos anteriores e demais conceitos, foram organizados nos cinco temas que apresentaremos com detalhes nas próximas seções. Todos os temas são iniciados com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de perguntas e diálogos a respeito dos conceitos que serão estudados durante as aulas do tema. Em seguida, utilizamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, com aulas teóricas e simulações com o Astro 3D. Ao final de todos os temas, finalizamos com o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, através das atividades na sala de informática e do questionário diagnóstico.

Ao final de cada tema foi feita a avaliação diagnóstica deste tema, através da análise das concepções alternativas dos alunos nas perguntas iniciais, nos diálogos e durante todos os momentos das aulas. No final da aplicação de todos os temas, foram elaboradas as atividades na sala de informática e também as questões do questionário diagnóstico diante dos resultados da avaliação diagnóstica obtida para cada tema.

É necessário ressaltar que esta organização dos Três Momentos Pedagógicos é apenas uma proposta e que os professores que aplicarem estas aulas podem alterar esta organização da maneira que acharem conveniente. Na sequência, apresentamos as aulas de cada tema. Além disso, estas aulas, com todos os detalhes de sua aplicação e as simulações com o Astro 3D, estão disponíveis no Apêndice.

4.5.1 Tema 1: A Astronomia e sua importância em nossas vidas

Objetivos: Entender que a Astronomia está em contínuo processo de desenvolvimento, sendo construída por várias pessoas ao longo dos séculos. Compreender a sua importância em nossas vidas e a compreensão de muitos conceitos relacionados com esta ciência. Refletir sobre a importância da conservação do nosso planeta, local em que vivemos.

Recursos utilizados: Explicações com o globo terrestre e projeções de imagens, vídeos e slides.

Tempo estimado: Uma aula de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de questionamentos relacionados com a Astronomia e com vários de seus fenômenos. Após o diálogo e coleta das respostas dos alunos, começamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, onde ressaltamos a importância da preservação do nosso planeta e explicamos sobre a história da Astronomia, da antiguidade até aos dias atuais. Nesta abordagem histórica comentamos sobre a observação da alternância dos dias e das noites e dos ciclos da vida. Também falamos sobre a criação de vários mitos para a compreensão humana dos fenômenos do céu, a criação dos primeiros calendários e a importância do desenvolvimento da matemática e da escrita para o avanço dos estudos de Astronomia no decorrer da história desta ciência.

Além disso, comentamos sobre o futuro da Astronomia, através da exploração espacial e da busca por respostas sobre a origem do Universo. Ao final da aula, ressaltamos a importância desta ciência para a nossa compreensão do local onde vivemos, mostrando nossa pequenez diante do Cosmos e, ao mesmo tempo, nossa importância como espécie capaz de preservar ou destruir o nosso planeta.

Avaliação: Avaliação diagnóstica sobre as concepções alternativas dos alunos através das perguntas iniciais e dos diálogos no decorrer deste primeiro tema. Isto é necessário para que possamos direcionar atividades para o aprendizado destes fenômenos.

4.5.2 Tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia

Objetivos: Compreender os principais conceitos introdutórios para o aprendizado de Astronomia. Aprender sobre a utilização dos pontos cardeais e das coordenadas geográficas para a localização no globo terrestre. Perceber que vivemos em um hemisfério de uma esfera celeste. Entender que as constelações são conjuntos de estrelas aparentemente próximas. Observar e interpretar o movimento diurno dos astros.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como vídeos e imagens.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula através do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre a maneira correta que podemos utilizar para a localização dos pontos cardeais durante o dia e durante a noite. Também perguntamos sobre a maneira correta de utilizarmos as coordenadas geográficas.

Depois dos questionamentos, iniciamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, através de explicações sobre os pontos cardeais e sobre as coordenadas geográficas. Também abordamos os conceitos de eclíptica, faixa do Zodíaco, constelações, esfera celeste e o movimento diurno dos astros. Estes conceitos são explicados de maneira teórica, com a apresentação de slides e demais recursos, e de maneira prática, com a aplicação do Astro 3D. Além disso, apresentamos vídeos e imagens que exemplificam estas explicações e simulações.

Avaliação: Avaliação diagnóstica dos alunos em relação à participação nos debates apresentados e nos demais momentos das aulas deste segundo tema.

4.5.3 Tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano

Objetivos: Compreender que o movimento do Sol no céu é apenas aparente e que é a Terra que gira ao redor do Sol. Aprender sobre os conceitos de dia e ano através dos fenômenos astronômicos relacionados. Entender que as estações do ano são causadas pela inclinação da Terra em sua órbita e pelo movimento de translação terrestre. Perceber que a duração dos dias e das noites muda durante o ano. Estudar

sobre os fusos horários e compreender o motivo da existência do horário de verão.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como imagens, vídeos e o globo terrestre.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos o tema com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre a causa das estações do ano e sobre a existência de estações diferentes nos dois hemisférios. Também questionamos sobre a duração dos dias e das noites no decorrer do ano.

Em seguida começamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, no qual explicamos que os povos antigos perceberam que o Sol muda sua posição aparente no horizonte no decorrer dos dias. Também explanamos sobre o gnômon, solstícios e equinócios. Logo após, comentamos sobre a duração dos dias e das noites durante o ano, fusos horários e o horário de verão.

Exibimos um vídeo explicando os fenômenos apresentados e simulamos a ocorrência das estações do ano, através do Astro 3D. Nesta simulação, mostramos aos alunos que a duração dos dias e das noites é diferente, dependendo da época do ano. Para finalizar, explicamos que as estações do ano ocorrem pela inclinação da Terra em sua órbita e pelo movimento de translação terrestre.

Avaliação: Avaliação diagnóstica através da participação dos alunos nos diálogos durante as aulas deste terceiro tema.

4.5.4 Tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses

Objetivos: Entender que as posições relativas entre a Lua, a Terra e o Sol ocasionam diferentes aspectos da Lua, vista da Terra, de maneira cíclica em um período chamado de *lunação*. Aprender sobre os conceitos de mês e semana através dos fenômenos astronômicos relacionados. Compreender a causa dos eclipses solar e lunar. Conhecer a explicação correta sobre o lado oculto da Lua.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como o globo terrestre, imagens e vídeos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos as aulas deste tema com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, questionando os alunos sobre a causa das fases

da Lua, dos eclipses, do lado oculto da Lua e sobre a duração da semana e do mês.

Após estes diálogos, explicamos a ocorrência de cada fenômeno apresentado, relacionando-os com os calendários solar e lunar. Também ensinamos sobre o movimento aparente que vemos da Lua em cada uma de suas fases e mostramos o movimento no referencial heliocêntrico da Lua, da Terra e do Sol com simulações que utilizam o Astro 3D.

Avaliação: Avaliação diagnóstica da participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas simulações sobre os fenômenos apresentados neste quarto tema.

4.5.5 Tema 5: O movimento dos planetas e suas características

Objetivos: Perceber a diferença entre estrela e planeta. Entender a ocorrência das fases de Vênus. Compreender o movimento retrógrado de Marte e sua importância para a compreensão do modelo Heliocêntrico e das leis de Kepler.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como imagens e vídeos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos se já perceberam que alguns pontos no céu se movimentam, em relação aos outros, quando observados por várias horas ou dias. Depois perguntamos se já ouviram falar sobre o movimento retrógrado de Marte e sobre as fases de Vênus. Após o diálogo inicial, explicamos sobre os mitos relacionados aos planetas e aos seus movimentos. Depois apresentamos a diferença entre planeta e estrela. Além disso, foram estudadas as fases de Vênus e também mostramos o sistema Geocêntrico e o sistema Heliocêntrico, através de um vídeo.

Na sequência, explicamos o movimento de Marte nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico, dando destaque ao movimento retrógrado deste planeta, explicando que a observação deste movimento ajudou na compreensão do sistema Heliocêntrico e das leis de Kepler. Para finalizar, utilizamos o Astro 3D para a simulação do movimento retrógrado de Marte e dos movimentos de Vênus em suas fases nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico.

Avaliação: Através da avaliação diagnóstica da participação dos alunos nos questionamentos e demais momentos das aulas deste último tema.

4.6 Atividades na sala de informática com o software Astro 3D

Após a aplicação dos cinco temas, precisamos iniciar o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*. Sendo assim, iniciamos este momento através do uso do Astro 3D, pelos próprios alunos, na sala de informática. Para selecionar as simulações que seriam feitas nos computadores, analisamos a avaliação diagnóstica de cada tema e selecionamos os conteúdos que os alunos possuíam mais dificuldades.

Depois, solicitamos aos alunos que fizessem simulações dos fenômenos apresentados. Estas simulações poderiam ser as mesmas que estão disponíveis no Apêndice, na seção A.6 ou outras simulações que o professor julgar necessárias. As atividades na sala de informática podem ser feitas seguindo o roteiro disponível na seção A.7.

É importante que seja solicitado aos alunos que sigam as etapas do roteiro e, após a realização de todas as etapas de cada simulação, o professor também faça a mesma simulação, dialogando com os alunos a respeito dos fenômenos estudados.

O roteiro é iniciado com o estudo sobre as estações do ano para as coordenadas geográficas da cidade na qual está sendo aplicada esta sequência didática. Após o estudo das estações do ano, propomos a simulação das fases da Lua. Nesta simulação, o roteiro também solicita a inserção das coordenadas geográficas da cidade. Após as etapas desta simulação, o aluno terá completado o ciclo das fases da Lua e o professor reforçará estes conceitos, refazendo a simulação e mostrando os erros ou acertos dos alunos durante as etapas apresentadas.

Também propomos a simulação sobre o movimento retrógrado de Marte. Na qual o aluno insere as coordenadas de sua cidade e o planeta Marte, observando este movimento retrógrado durante os dias.

4.7 Avaliação da aprendizagem e coleta de dados

Iniciamos o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, com as atividades na sala de informática e finalizamos este terceiro momento aplicando o questionário diagnóstico disponível na seção A.8 desta dissertação.

O questionário foi elaborado após a análise da avaliação diagnóstica das aulas

de cada tema, selecionando os conceitos e fenômenos astronômicos que os alunos possuíam mais dificuldades. Perguntamos sobre a maneira que podemos observar o céu para nos localizar. Também existem perguntas sobre a duração do ano, os movimentos de translação e rotação terrestre, os pontos cardeais, a eclíptica, as constelações zodiacais e a esfera celeste. Também é perguntado sobre a causa das estações do ano, relacionando-as com a origem dos calendários. Em seguida, existem perguntas sobre as fases da Lua, o lado oculto da Lua e a ocorrência dos eclipses.

Este questionário pode ser modificado pelo professor interessado em aplicar esta sequência didática. Além disso, os conceitos apresentados neste questionário foram os conceitos que os alunos possuíam mais dúvidas durante a aplicação desta sequência didática.

Para a coleta dos dados, utilizamos as respostas dos alunos para as perguntas iniciais de cada tema. Além disso, analisamos as concepções alternativas destes alunos durante os diálogos que ocorreram no decorrer das aulas e durante as atividades na sala de informática.

5 RESULTADOS

Esta sequência didática foi aplicada nas aulas de Física de uma turma do primeiro ano do ensino médio, com 25 alunos, de uma escola pública de Minas Gerais.

A análise das respostas dos alunos para as questões iniciais de cada tema, os diálogos, as atividades na sala de informática e o questionário diagnóstico, possibilitaram a avaliação da sequência didática e dos resultados obtidos pelos alunos. Além disso, avaliamos estes discentes através da avaliação diagnóstica durante todas as etapas da sequência didática e através da análise das respostas do questionário diagnóstico.

Nas próximas seções, analisamos com detalhes todas as aulas da sequência didática, assim como os diálogos apresentados durante estas aulas e as concepções alternativas que identificamos. Em seguida, analisamos as aulas na sala de informática e as respostas dos alunos no questionário diagnóstico.

5.1 Análise da sequência didática e das concepções alternativas

Para identificar as concepções alternativas dos alunos no decorrer dos diálogos e das atividades propostas, foi necessária a gravação do áudio das aulas e também a análise das respostas por escrito, quando solicitadas. Essas concepções foram analisadas de acordo com o catálogo de concepções alternativas, feito por Langhi (2011).

Além disso, durante as aulas utilizamos como recurso central o software Astro 3D. Em alguns momentos, utilizamos recursos auxiliares, como o globo terrestre.

5.1.1 Análise das aulas do tema 1

Problematização inicial

Ao iniciar a primeira aula, fizemos uma série de perguntas sobre conceitos astronômicos que seriam estudados durante a sequência didática.

Também solicitamos que estas perguntas fossem respondidas em folhas avulsas para que pudéssemos analisar as respostas. Para iniciar o diálogo com os alunos, a primeira pergunta foi: *O que é a Astronomia?*

Algumas das respostas são descritas abaixo:

Resposta do aluno 1:

*O que é a Astronomia?
É estudo dos astros e dos planetas.*

Resposta: É estudo dos astros e dos planetas.

Resposta do aluno 2:

*O que é Astronomia?
É alguma coisa relacionada aos planetas, estrelas, sol etc.*

Resposta: É alguma coisa relacionada aos planetas, estrelas, sol, etc.

Na análise das respostas, percebemos que o aluno 1 citou apenas os astros e os planetas como objetos de estudo desta ciência. Além disso, o aluno 2 não acrescentou o Sol no conjunto das estrelas. Esta diferenciação entre o Sol e as estrelas foi estudada por Agan (2004), onde percebeu que várias pessoas não compreendem que o Sol é uma estrela.

Nesta primeira pergunta também percebemos que os alunos não relacionaram a Astronomia com os fenômenos que ocorrem em nosso cotidiano. Nenhum aluno citou o estudo astronômico das estações do ano, por exemplo. Mostrando que, possivelmente, estes alunos possuem pouco conhecimento sobre a história da Astronomia e sobre sua aplicação em nossas vidas. Este fato reforça o que vários autores explicam sobre a maneira que esta ciência está sendo ensinada em nossas escolas, como Fourez (2003) quando se refere ao ensino de ciências longe da realidade dos alunos, no qual são utilizadas apenas teorias e aulas expositivas, destaca ainda que este ensino deveria ajudá-los a compreender o mundo em que vivem e suas origens.

Continuamos o diálogo com outra pergunta: *Por que a Astronomia surgiu?*

Dentre as respostas, podemos destacar:

Resposta do aluno 3:

Para saber das semanas, dos meses, do ano.

Resposta: Para saber das semanas, dos meses, do ano.

Resposta do aluno 4:

R: Para entendermos o universo e aprendermos um pouco mais

Resposta: Para entendermos o universo e aprendermos um pouco mais.

O aluno 3 foi o único que relacionou esta ciência com a contagem do tempo. Os outros alunos responderam sobre a Cosmologia, citando o estudo do Universo, por exemplo. Diante destas respostas, entendemos que estes alunos não compreendem que eles próprios fazem parte do Universo. Sendo assim, o aluno deve:

Refletir sobre sua presença e seu lugar na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive". (BRASIL, 2002, p.32).

Solicitamos que as próximas perguntas fossem respondidas oralmente. Sendo assim, questionamos os alunos sobre o que existe no céu noturno. Dentre as várias respostas, podemos destacar:

- a) aluno 3: *Estrelas, a Lua;*
- b) aluno 5: *Planetas, o Sol;*
- c) aluno 6: *Astros e o vácuo;*
- d) aluno 2: *Gravidade;*
- e) aluno 7: *Estrela cadente;*
- f) aluno 1: *Buraco negro, meteoro.*

Os alunos disseram o nome de vários corpos celestes e de fenômenos do céu, mesmo que alguns destes fenômenos não sejam compreensíveis pela maioria deles. Dentre os nomes, destaca-se estrela cadente, que é um nome comum na linguagem popular. Assim, Bedaque (2005) explica que o meteoro é apenas o fenômeno em que um pedaço de rocha colide com a atmosfera terrestre, deixando um rastro luminoso que é chamado popularmente de estrela cadente.

Diante destas perguntas iniciais, percebemos que, muitos alunos possuem:

As suas próprias explicações, geralmente sustentadas pela sua fantasia, seja mítica ou mística. Se não lhe forem apresentadas outras opções, esse pensamento mágico da criança persistirá durante toda a sua vida. Por isto, é preciso explicar a real causa dos fenômenos astronômicos para estes alunos. (TIGNANELLI, 1998).

Organização do conhecimento

Após estes diálogos, exibimos o vídeo *O Pálido Ponto Azul*, *O Pálido Ponto Azul* (2016). Depois da exibição deste vídeo, alguns alunos fizeram perguntas referentes ao que foi apresentado, entre elas, temos:

Aluno 8: *O que é Cosmos?*

Aluno 5: *É tudo que existe no Universo?*

Respondemos a estas e a outras perguntas e continuamos a aula, ressaltando a importância de preservarmos o nosso planeta. Também explicamos que o nome dos dias da semana são homenagens ao Sol, à Lua e aos planetas vistos a olho nu.

Em seguida, foi apresentada a história da Astronomia, respondendo à pergunta inicial sobre o surgimento da Astronomia. Deste modo, foi explicado sobre a vida dos povos pré-históricos e as primeiras observações do céu. Mostrando que as fases da Lua, as estações do ano, os eclipses e demais fenômenos astronômicos intrigaram os povos desde os primórdios da humanidade. Sendo assim:

A humanidade, desde os tempos remotos, necessitou de [...] (orientação) e de medir o tempo. Os homens precisavam saber quanto tempo tinham de claridade para poder realizar diferentes tarefas. Observar a variação do comprimento da sombra durante o dia foi uma das primeiras práticas para medir a passagem do tempo, e para buscar orientação de acordo com os pontos cardeais. Observando também as sombras foi possível definir as estações do ano que influenciavam fortemente nas atividades agrícolas (SOARES et al, 2011, p.2).

Além disso, acrescentamos que existiram vários mitos para explicar os fenômenos do céu e perguntamos aos alunos se conheciam algum mito relacionado ao céu. Abaixo está parte do diálogo com os alunos:

Aluno 9: *Mito do céu? Não me lembro.*

Aluno 7: *Os signos?*

Professor: *Os signos estão relacionados com mitos dos fenômenos e dos corpos celestes. Alguém conhece algum signo ou mito?*

Aluno 10: *Sou de Leão, mas nem sabia que tinha a ver com mito.*

Neste diálogo percebemos que estes alunos não recordavam ou não conheciam mitos relacionados aos acontecimentos e fenômenos astronômicos. Por isto, explicamos sobre a relação entre os signos e a data de nascimento das pessoas, mostrando a diferença entre Astrologia e Astronomia. Também explicamos sobre alguns mitos, como o mito do caçador Órion, em que é perseguido no céu por um escorpião, originando as constelações de Órion e de Escorpião.

Mostramos uma imagem contendo a constelação de Órion, ressaltando que a constelação é apenas um conjunto de estrelas aparentemente próximas. Os alunos não conheciam a constelação de Órion, porém reconheceram as Três Marias. Em seguida, explicamos sobre o mito da Via Láctea e apresentamos a constelação do Cruzeiro do Sul. Muitos alunos disseram que já ouviram falar do Cruzeiro do Sul, mas nunca souberam qual era esta constelação no céu. Na sequência, explicamos sobre a origem dos calendários, o desenvolvimento da Astronomia e o futuro desta ciência.

É possível perceber a escassez de conhecimentos astronômicos que estes alunos possuíam, alguns conheciam ou já tinham ouvido falar em algum mito ou fenômeno apresentado. Porém, não sabiam identificar as configurações do céu noturno. Mesmo assim, foi percebido que possuíam curiosidade em conhecer estes fenômenos, nos motivando a prosseguir com os próximos temas.

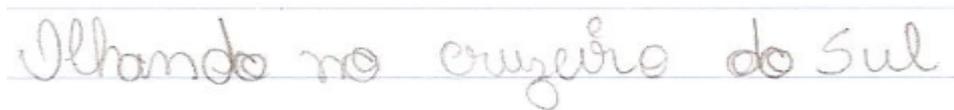
5.1.2 Análise das aulas do tema 2

Problematização inicial

Para iniciar o estudo dos principais conceitos astronômicos presentes em nosso cotidiano, fizemos algumas perguntas para os alunos. Primeiramente, perguntamos se conheciam os pontos cardeais. Todos responderam corretamente que os pontos cardeais são: norte, sul, leste e oeste. Porém, a próxima pergunta gerou muitas dúvidas: *Como se localizar com os pontos cardeais?*

Abaixo são apresentadas algumas das respostas para esta pergunta:

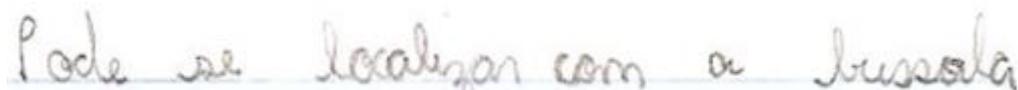
Resposta do aluno 5:



Olhando no Cruzeiro do Sul

Resposta: Olhando no Cruzeiro do Sul.

Resposta do aluno 9:



Pode se localizar com a bussola

Resposta: Pode se localizar com a bussola.

Resposta do aluno 11:

② Olhando p/ o sol , p/ as estrelas ou usando a bússola.

Resposta: Olhando p/ o sol, p/ as estrelas ou usando a bússola.

Diante destas e demais respostas, percebemos que os alunos não conheciam a maneira correta de localizar os pontos cardeais. Alguns compreendiam que, através de alguns astros ou constelações, podemos nos localizar. Isto pode ser observado nas respostas do aluno 5 e do aluno 11, em que citam o Cruzeiro do Sul, o Sol ou as estrelas para a localização.

Além disso, observamos que muitos alunos identificaram a bússola como instrumento de localização dos pontos cardeais. Porém, nenhum deles apresentou uma explicação prática para a localização dos pontos cardeais sem o uso de instrumentos.

Dando sequência aos questionamentos, perguntamos:

Professor: *Como se localizar no Hemisfério Norte durante a noite?*

Esta pergunta foi respondida oralmente e parte do diálogo está descrito abaixo:

Aluno 9: *Pela Lua?*

Professor: *Por exemplo, você está à noite no Hemisfério Norte, dentro de um navio no meio do oceano e sem instrumentos de localização, como você poderia se localizar?*

Aluno 10: *Não é uma estrela que ajuda a localizar?*

Professor: *Que estrela?*

Aluno 7: *Acho que é a estrela D'alva.*

Aluno 8: *Alguma estrela do Cruzeiro do Sul?*

Ao analisarmos as respostas, percebemos que os alunos já ouviram falar que existe alguma estrela que ajuda na localização. Também é notado que o Cruzeiro do Sul é frequentemente citado, porém não existem explicações que demonstrem conhecimento sobre a maneira que podemos nos localizar com esta constelação. Foi citada a estrela D'alva, que é o planeta Vênus. Isso mostra que vários alunos não diferenciam estrela e planeta e que possuem conceitos alternativos sobre corpos e fenômenos do céu.

Fizemos mais uma pergunta: *Como se localizar no Hemisfério Sul durante a noite?*

Dentre as respostas, temos:

Aluno 8: *Agora acho que é o Cruzeiro do Sul.*

Aluno 5: *Olhando para o Leste?*

O aluno 8 não soube responder quando foi questionado sobre a maneira que iria utilizar o Cruzeiro do Sul para a localização. O mesmo ocorreu com o aluno 5 ao ser perguntado sobre a observação da região Leste para a localização. Estas respostas indicam que estes alunos, possivelmente, não conhecem os métodos práticos que podemos utilizar para a localização geográfica. Uma das justificativas apresentadas em relação à dificuldade em conhecer as maneiras corretas de nos localizarmos, foi apresentada no estudo de Langhi e Nardi (2007) ao salientarem que nos livros didáticos analisados por eles existiam erros conceituais sobre o conteúdo de orientação espacial.

Organização do conhecimento

Após este diálogo com os alunos, foi necessário organizar o conhecimento, iniciando com a apresentação do Astro 3D, juntamente com as suas funcionalidades.



Figura 10 - Apresentação do Astro 3D e de suas funcionalidades.
Fonte: Do autor.

Após a apresentação do software, mostramos a maneira correta de nos localizarmos com os pontos cardeais. Além disso, foi mostrada a maneira que podemos nos localizar no Hemisfério Norte pela Estrela Polar e, no Hemisfério Sul, pela constelação do Cruzeiro do Sul. Em seguida, explicamos sobre as coordenadas geográficas, ressaltando que as observações feitas pelos nossos antepassados foram

responsáveis pelas técnicas de localização que possuímos hoje, como o uso da bússola, por exemplo.

Começamos o estudo sobre a eclíptica, perguntando aos alunos se já ouviram falar neste nome e ninguém soube responder. Perguntamos se os alunos sabiam algo a respeito da faixa do Zodíaco e a maioria relacionou a palavra Zodíaco com os signos, iniciando um diálogo, como é apresentado abaixo:

Aluno 8: *São quantos os signos?*

Aluno 11: *São treze signos.*

Aluno 10: *Treze? Não são doze os signos?*

Aluno 11: *Eu acho que um deles não vale.*

Na sequência, apresentamos o conceito de eclíptica, relacionamos os signos à faixa do Zodíaco e comentamos sobre o 13º signo, Ophiuchus, assim como alguns mitos relacionados aos signos. Além disso, reforçamos a diferença entre Astronomia e Astrologia.

Depois perguntamos aos alunos sobre a esfera celeste, iniciando com a pergunta: *Por que aprendemos que a Terra gira ao redor do Sol, sendo que vemos o Sol girando ao redor da Terra?*

Esta pergunta iniciou o diálogo descrito abaixo:

Aluno 7: *Porque, daqui da Terra eu vou ver o Sol, então você não sente a Terra mexendo.*

Aluno 12: *É mesma coisa do carro, parece que a estrada que está vindo.*

Aluno 10: *Se eu ver lá do Sol eu vou ver a Terra girando em volta dele.*

Aluno 8: *Isso depende da posição que estamos.*

Professor: *Então, vocês estão me dizendo que depende do referencial?*

Todos: *Sim.*

Neste diálogo percebemos que muitos alunos entendiam que a Terra gira ao redor do Sol, citando alguns exemplos para justificar que o Sol não gira ao redor da Terra, mostrando que nossa percepção de que o Sol gira ao redor da Terra depende do referencial que estamos analisando. Em seguida, explicamos sobre a esfera celeste, mostrando que esta esfera geocêntrica é importante para estudarmos o movimento aparente dos astros no céu, em um referencial topocêntrico, sendo que o movimento destes astros no sistema solar ocorre através do sistema heliocêntrico. Depois da explicação sobre a esfera celeste, apresentamos o movimento diurno dos

astros, com o Astro 3D, conforme é apresentado na Figura 11.

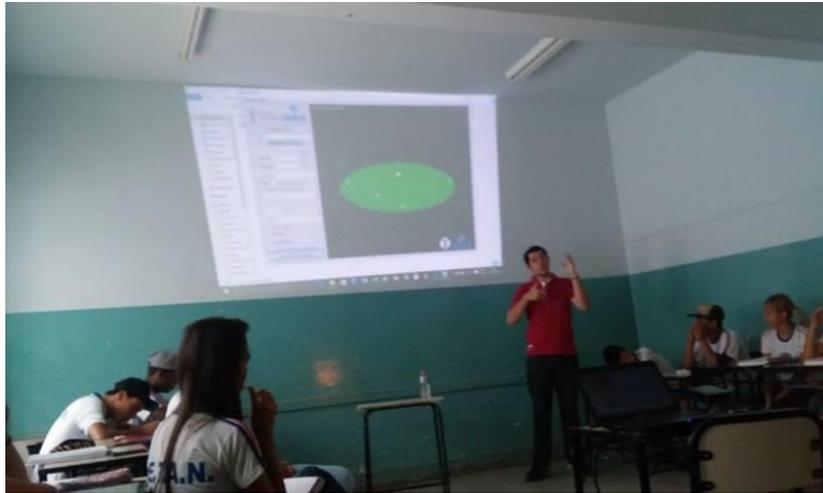


Figura 11 - Movimento diurno dos astros e demais conceitos do tema 2.
Fonte: Do autor.

Ao final deste tema concluímos que os alunos realmente possuíam poucos conhecimentos sobre os conceitos básicos de Astronomia, mas se interessaram em conhecer os fenômenos do céu, interagindo nas aulas. Também notamos que as concepções alternativas observadas nestes primeiros temas estão presentes no catálogo de concepções alternativas de Langhi (2011) e de outros trabalhos citados durante a análise destes dois temas. Mostrando assim vários conceitos errôneos apresentados pelos alunos, reforçando a necessidade de novas alternativas para ensinar Astronomia, como a sequência didática apresentada nesta dissertação.

5.1.3 Análise das aulas do tema 3

Problematização inicial

Para iniciar o estudo do movimento aparente do Sol, iniciamos um diálogo com os alunos:

Professor: *Quais são as estações do ano?*

Aluno 12: *Inverno, primavera, verão e outono.*

Professor: *E o que são elas?*

Aluno 10: *Acho que são épocas do ano, o inverno é mais frio e o verão é mais quente.*

Professor: *Por que em um hemisfério temos verão e no outro temos inverno ao*

mesmo tempo?

Aluno 3: *Ao mesmo tempo? Eu sempre achei que o verão acontece porque o Sol e a Terra ficam mais perto e o inverno o contrário, agora estou confuso.*

Aluno 4: *É mesmo, eu nunca pensei nisso.*

Professor: *Alguém sabe qual é o formato da órbita da Terra ao redor do Sol?*

Aluno 8: *Ela é oval.*

Professor: *Onde você viu isso?*

Aluno 8: *Em um livro de física professor.*

Nesse diálogo entendemos a relação entre a órbita exagerada da Terra, mostrada em alguns livros didáticos, e a concepção alternativa sobre a origem das estações do ano, apresentada pelo aluno 3, que é a ideia de que o verão ocorre por causa da maior aproximação entre a Terra e o Sol e que o inverno é causado pelo maior afastamento dos dois astros. Como alguns livros ilustram uma órbita em que a Terra fica muito próxima ao Sol e depois muito longe, existe esta ideia na qual há inverno quando a Terra está longe do Sol e verão quando está próxima ao Sol.

Vários autores citaram esta concepção alternativa em seus trabalhos, mostrando que as figuras apresentadas com excentricidade exagerada da órbita terrestre, representam uma das causas da existência destes conceitos errôneos. Entre os autores que estudaram esta concepção alternativa, podemos destacar Amaral e Quintanilha (2011).

Antes de explicar as verdadeiras causas da ocorrência das estações do ano, continuamos o diálogo:

Professor: *Como foi determinado o ano?*

Aluno 11: *Eles contaram os dias até dar 365 dias.*

Aluno 7: *Mas como eles sabiam que tinha que dar 365 dias?*

Aluno 3: *Essa eu também não sei, porque eles não tinham relógio nem calendário na época!*

Professor: *A inclinação da Terra na eclíptica tem alguma relação com as estações do ano?*

Aluno 8: *Espera aí! É mesmo, a Terra é inclinada!*

Aluno 13: *Então, se é inclinada, o Sol bate mais na parte que está voltada para ele.*

Aluno 14: *Mas isso aí causa o dia e a noite.*

Aluno 11: *Acho que a parte que fica inclinada para o Sol fica mais quente, aí é verão, e a outra fica mais fria e é inverno, eu acho que é isso.*

Mesmo não explicando detalhadamente a ocorrência das estações do ano, o aluno 11 conseguiu relacionar a inclinação da Terra com a diferente incidência de raios solares na superfície terrestre. Mostrando assim, que é importante o diálogo com os alunos a respeito dos fenômenos astronômicos antes de explicá-los.

Organização do conhecimento

Após os diálogos, explicamos sobre o uso do gnômon pelos nossos antepassados, sobre a contagem do tempo e sobre a percepção do ciclo das estações.

Após as explicações, apresentamos um vídeo sobre a ocorrência das estações do ano. Para finalizar, simulamos as estações do ano com o Astro 3D, reforçando os conceitos estudados sobre os equinócios, os solstícios e a duração dos dias e das noites. Na Figura 12, é apresentada uma parte da simulação das estações do ano, com a explicação da duração do dia no equinócio de primavera do Hemisfério Sul.



Figura 12 - Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul.

Fonte: Do autor.

Notamos que o Sol está se pondo exatamente no ponto cardinal oeste no equinócio de primavera do Hemisfério Sul. Nesta simulação foi possível explicar a duração dos dias e das noites durante a ocorrência dos equinócios. Na sequência de simulações, foram apresentadas as outras estações do ano, os solstícios de inverno

e de verão e o equinócio de outono.

Além disso, analisamos a tela do movimento dos planetas no referencial heliocêntrico, confirmando que o ciclo das estações possui a duração do período de translação terrestre. Esta simulação foi feita com as coordenadas geográficas do Trópico de Capricórnio, da própria cidade e de várias outras localidades, mostrando as diferenças e semelhanças das estações do ano em vários locais.

5.1.4 Análise das aulas do tema 4

Problematização inicial

Para o estudo dos movimentos da Lua em suas fases, do lado oculto da Lua e dos eclipses, iniciamos o diálogo com os alunos, que está descrito abaixo:

Professor: *O que é o mês?*

Aluno 11: *É o tempo que a Lua leva para ficar cheia de novo.*

Aluno 5: *Acho que é isso mesmo, porque no calendário tem as quatro fases da Lua em um mês.*

Aluno 7: *De quantos em quantos dias a Lua muda de fase?*

Aluno 10: *Eu acho que a Lua demora uns 30 dias para ficar cheia, mas porque tem mês que tem mais dias que o outro?*

Aluno 7: *A Lua demora mais para chegar na lua cheia em um mês do que no outro?*

Percebemos que vários alunos conseguiram relacionar a duração do ciclo lunar com o período de um mês. O aluno 11, chegou muito próximo da conclusão de que cada fase da Lua dura, aproximadamente, uma semana. Continuamos o diálogo:

Professor: *Por que existem as fases da Lua?*

Aluno 14: *Porque a Terra faz sombra na Lua.*

Aluno 8: *O Sol ilumina a Lua e ... não sei explicar.*

Aluno 10: *Acho que é a posição que a Lua fica perto da Terra.*

Professor: *E qual é a relação entre esta posição e as fases da Lua?*

Aluno 11: *É porque a lua cheia é quando a luz do Sol bate na Lua na parte que a gente vê da Lua e a lua nova é quando o Sol bate na parte de trás da Lua.*

Aluno 15: *Acho que são as posições que a Lua recebe iluminação do Sol.*

Alguns alunos relacionaram as fases da Lua com a iluminação do Sol, outros

relacionaram estas fases com a posição da Lua em relação à Terra. O aluno 11 se aproximou da explicação da ocorrência das fases lunares, porém, não explicou a ocorrência das fases quarto-minguante e quarto-crescente e também não argumentou sobre as posições relativas entre o Sol, a Terra e a Lua, dando a impressão de que o Sol se movimenta em torno da Lua, pois, conforme o aluno, o Sol ilumina a parte da frente e a parte de trás da Lua.

Antes de explicarmos estes conceitos, continuamos os questionamentos:

Professor: *Vemos a mesma fase da Lua em todo o globo terrestre?*

Aluno 10: *Sim, é ... quer dizer, não sei.*

Professor: *Se estivermos na fase da lua cheia, por exemplo, na Europa também será vista esta mesma fase?*

Aluno 13: *Acho que não, porque em um hemisfério é uma fase e no outro é outra.*

Aluno 14: *Acho que é a mesma, porque depende da posição da Terra e da Lua.*

Professor: *A face da Lua é a mesma, vista em toda a Terra?*

Aluno 10: *Acho que é a mesma, porque eu nunca vi uma foto diferente da Lua.*

Aluno 8: *Até aparece São Jorge na Lua né, acho que é a mesma sim.*

Professor: *Por que não conseguimos enxergar a “face de trás” da Lua?*

Aluno 7: *Por que ela fica parada.*

Aluno 14: *Ela tem que movimentar, senão ela cai na Terra.*

Aluno 8: *A gente não vê por causa da posição da Lua.*

Aluno 1: *Nunca pensei nisso, como é por trás da Lua?*

Neste diálogo, observamos que o aluno 7 disse que a Lua fica parada, ao mesmo tempo, o aluno 14 disse que a Lua precisa se movimentar para não cair na Terra. Outros alunos acreditam que a fase da Lua é diferente, vista de outro ponto da Terra. Ao serem perguntados sobre o lado oculto da Lua, estes alunos não possuem uma explicação convincente.

A respeito do lado oculto da Lua, Langhi e Nardi (2012) explicam que os professores e alunos acham que este lado oculto da Lua é o lado que não está voltado para a Terra e, simplesmente por isso, não recebe iluminação solar. Uma das justificativas para este fato foi explicada por Langhi (2004), ao constatar que muitos professores do ensino médio apresentam concepções errôneas sobre o fenômeno das fases lunares, como a sombra da Terra sendo responsável pelas fases da Lua. Esta

mesma constatação foi feita por Camino (1995) com professores do ensino primário.

Organização do conhecimento

Organizamos o conhecimento através da explicação sobre o período sinódico da Lua, ou lunação, que é a duração do ciclo de fases da Lua. Também explicamos sobre os calendários solar e lunar. Além disso, comentamos que não existem apenas quatro fases lunares e sim, dias de lunação ou porcentagens de iluminação da face da Lua que está voltada para a Terra.

Após o diálogo e explicações sobre os conceitos estudados sobre a Lua, exibimos um vídeo sobre os fenômenos apresentados. Em seguida, utilizamos o software Astro 3D, simulando todos os conceitos estudados neste tema. Estas simulações foram feitas para várias coordenadas geográficas da Terra mostrando, por exemplo, que é observada a mesma fase da Lua em todo o globo. A Figura 13 apresenta a simulação das fases da Lua no Astro 3D:

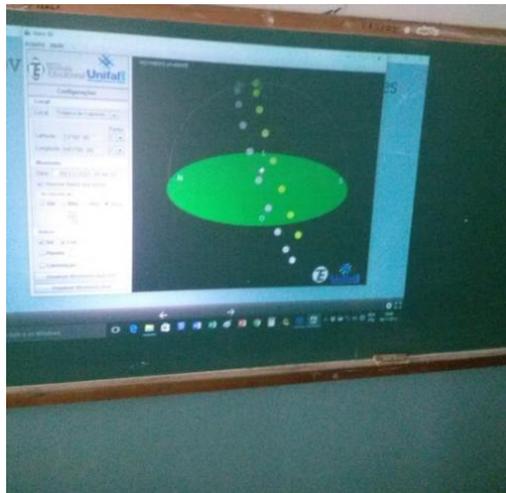


Figura 13 - Simulação das fases da Lua no referencial topocêntrico.

Fonte: Do autor.

Verificamos que o Sol e a Lua ficam próximos ou afastados no céu, aparentemente, dependendo da fase da Lua. Além disso, após esta simulação, utilizamos a tela de movimento no referencial heliocêntrico e estudamos as posições relativas entre a Terra, a Lua e o Sol em cada fase lunar.

Para finalizar a aula, apresentamos os conceitos de eclipse lunar e solar, através das simulações com o Astro 3D. Para o eclipse lunar, foi simulado, no Astro

3D, o eclipse do dia 27 de setembro de 2015, que havia ocorrido poucas semanas antes da aplicação desta aula. Para o eclipse solar, foi simulado o eclipse do dia 29 de maio de 1919, ocorrido na cidade de Sobral, no Ceará, que contribuiu nos estudos da teoria da relatividade geral de Albert Einstein.

5.1.5 Análise das aulas do tema 5

Problematização inicial

Para explicar os movimentos dos planetas no céu, iniciamos o tema com o diálogo apresentado abaixo:

Professor: Ao olhar para o céu durante um tempo, você percebe que alguns pontos luminosos mudam de posição, em relação aos outros?

Aluno 8: Mudam de posição? Mas as estrelas ficam paradas, são pontos fixos.

Aluno 10: Mudam de posição? Se for rápido é a “mãe de ouro”.

Professor: O que é a “mãe de ouro”?

Aluno 10: É uma estrela que cai do céu, dizem que onde ela cai tem um tesouro.

No diálogo percebemos que os alunos não reconheceram a diferença aparente entre planeta e estrela. Também percebemos a presença do folclore popular, quando o aluno 10 citou o mito da mãe de ouro. Por isto:

Ao observarmos os planetas a olho nu, estes corpos se assemelham às estrelas, sendo preciso a exploração desta concepção de modo que os alunos reconheçam os planetas no céu sem o uso de equipamentos e saibam sobre os seus movimentos. (MOURÃO, 2004).

Organização do conhecimento

Após este diálogo explicamos a diferença entre os planetas e as estrelas, mostrando que os povos antigos criaram vários mitos para a explicação dos movimentos dos planetas no céu. Em seguida, explicamos os principais mitos sobre o planeta Mercúrio. Também explicamos os mitos relacionados ao planeta Vênus e simulamos as fases deste planeta com o Astro 3D.

Também perguntamos sobre os mitos relacionados ao planeta Marte e nenhum aluno soube responder. O mesmo ocorreu ao serem perguntados sobre o movimento retrógrado de Marte. Sendo assim, simulamos este movimento, mostrando que existem épocas que este planeta aparenta estar voltando para trás. Na Figura 14, é

mostrado o momento em que simulamos o movimento retrógrado de Marte através do trânsito deste planeta pela constelação de Escorpião:



Figura 14 - Simulação do movimento retrógrado de Marte.
Fonte: Do autor.

Simulamos o movimento retrógrado de Marte no referencial topocêntrico, mostrando que o planeta aparenta estar voltando para trás em determinados momentos de seu trânsito pela constelação de Escorpião. Em seguida, analisamos o mesmo movimento para o referencial heliocêntrico e mostramos que o movimento retrógrado é aparente.

Após esta simulação e as demais simulações deste tema, explicamos os sistemas Geocêntrico e Heliocêntrico, através de um vídeo que apresentou o contexto histórico destes sistemas. Também explicamos sobre os demais planetas do sistema solar e que o estudo do movimento retrógrado de Marte foi importante para o entendimento do sistema Heliocêntrico e para as leis de Kepler.

5.2 O uso do software Astro 3D pelos alunos na sala de informática

Os dois primeiros momentos pedagógicos foram realizados na sala de aula e o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, foi feito na sala de informática e no questionário diagnóstico.

No decorrer das aulas, disponibilizamos todas as aulas no blog feito para esta sequência didática. Deste modo, os alunos tiveram a oportunidade de rever as aulas

e os fenômenos apresentados. Isto foi importante para a realização das atividades na sala de informática, pois os alunos não tiveram muitas dificuldades em realizar as simulações que estão propostas no roteiro da seção A.7 do Apêndice.

Para iniciar as simulações pedimos para que os alunos utilizassem o roteiro proposto. De início, solicitamos que os alunos simulassem as estações do ano para as coordenadas da cidade. Para isso, foi preciso inserir os dados no Astro 3D e observar os movimentos apresentados. Os alunos que possuíam facilidade com o uso da tecnologia ajudavam os colegas que tinham dificuldade. Na figura 15, mostramos um dos alunos simulando as estações do ano:



Figura 15 - Aluno realizando as atividades na sala de informática.

Fonte: Do autor.

Ao final desta simulação os alunos responderam oralmente as perguntas do roteiro. Corrigimos possíveis erros conceituais, mostrando novamente a simulação com a projeção do software para que todos entendessem os conceitos relacionados com as estações do ano.

Em seguida, propomos a simulação das fases da Lua para as coordenadas da cidade, com o mesmo procedimento. Observamos que os alunos interagiram entre eles e conosco. Ao final, foi simulado o movimento retrógrado de Marte, de acordo com as etapas do roteiro.

Também solicitamos que os alunos utilizassem várias coordenadas geográficas e identificassem alguns conceitos e fenômenos estudados durante as aulas. Entre os conceitos e fenômenos que os alunos identificaram, destaca-se a esfera celeste, o

movimento diurno dos astros, a eclíptica e a duração dos dias, das noites e do ano. Na Figura 16, mostramos dois alunos simulando as fases da Lua e o Sol da meia-noite no Polo Norte:



Figura 16 - Alunos simulando o Sol da meia-noite e as fases da Lua no Polo Norte.

Fonte: Do autor.

5.3 Análise do questionário diagnóstico

Para finalizar o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, aplicamos o questionário diagnóstico. Abaixo estão inseridas todas as questões deste questionário e a análise dos resultados desta turma de 25 alunos. O questionário diagnóstico se encontra na seção A.9 do apêndice desta dissertação.

Primeira pergunta

1) *Imagine que você vive na pré-história. Uma época difícil para o homem, com vários predadores ao seu redor, distâncias enormes até locais melhores para se alimentar ou esconder do frio, chuva ou calor intenso. De que maneira você poderia usar a observação do céu a seu favor?*

Como esta questão era aberta, existiram várias respostas. Sendo assim, são apresentados, na Tabela 2, os conceitos presentes nas diferentes respostas dos alunos para esta primeira questão.

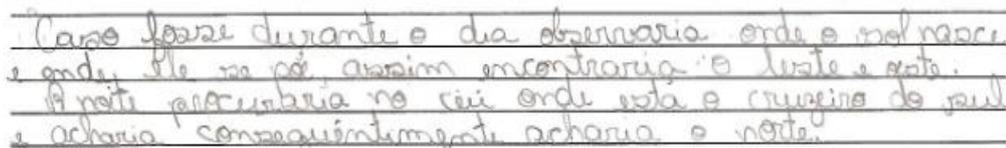
Tabela 2 - Análise da primeira questão do questionário diagnóstico.

Conceitos presentes nas respostas da primeira questão	Quantidade de respostas
Observando as constelações, em geral	6
Observando as fases da Lua ou a Lua	4
Observando o Sol	7
Observando a Estrela Polar	2
Observando as estrelas, em geral	5
Observando os pontos cardeais	6
Observando os astros, em geral	2
Observando o Cruzeiro do Sul	14
Não respondeu	1

Fonte: Feito pelo autor.

Várias respostas possuíam mais de um conceito exposto na Tabela 2. Dentre as respostas, destaca-se o reconhecimento de que o Cruzeiro do Sul é muito importante para a localização geográfica, sendo que catorze alunos (56%) escreveram sobre esta constelação. O Sol foi citado por sete alunos (28%) e um (4%) não respondeu a esta questão. Abaixo estão apresentadas algumas das respostas:

Resposta do aluno 7:

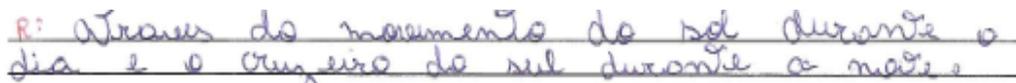


Caso fosse durante o dia observaria onde o sol nasce e onde ele se põe, assim encontraria o leste e oeste. A noite procuraria no céu onde está o cruzeiro do sul e acharia consequentemente acharia o norte.

Resposta do aluno 7: Caso fosse durante o dia observaria onde o sol nasce e onde ele se põe, assim encontraria o leste e oeste. A noite procuraria no céu onde está o cruzeiro do sul e acharia consequentemente acharia o norte.

O aluno 7 entendeu que é possível se localizar pela posição aparente do Sol durante o dia e pelo Cruzeiro do Sul à noite. Porém, não explicou detalhadamente a maneira que poderia utilizar o Cruzeiro do Sul para a localização noturna.

Resposta do aluno 16:



R: Através do movimento do sol durante o dia e o cruzeiro do sul durante a noite.

Resposta do aluno 16: Através do movimento do sol durante o dia e o cruzeiro do sul durante a noite.

O aluno 16 também relacionou o Sol e o Cruzeiro do Sul à localização geográfica, mesmo não explicando a maneira que podemos nos localizar por eles.

O objetivo desta pergunta foi a identificação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre a importância da observação do céu para os nossos antepassados.

Foi necessária a aplicação desta questão, pois é importante a compreensão dos alunos sobre a história da Astronomia, como destacam Oliveira e Saraiva (2000) ao se referirem aos povos chineses, assírios, egípcios e babilônicos, por volta de 3000 a.C. como os primeiros a registrarem escritos sobre os corpos do céu e a utilizarem a observação destes corpos com objetivos práticos, ajudando a prever efeitos cíclicos como a melhor época para plantar ou colher.

Segunda pergunta

2) Complete o texto abaixo com os conceitos que você aprendeu nas aulas:

Durante um (1), a Terra executa o movimento de (2) ao redor do (3). Muitas pessoas acham que o (4) gira ao redor da (5), porém este movimento que vemos no céu é apenas aparente. Neste movimento aparente, o Sol nasce no (6) e se põe no (7), percorrendo no céu um caminho que chamamos de (8), porque é a região onde a Lua se localiza nos eclipses. As constelações do (9) também percorrem (aparentemente) este caminho no céu, assim como os planetas e a Lua. Isto se deve ao fato de estarmos olhando para uma esfera imaginária no céu, chamada de esfera (10).

Para a análise das diferentes respostas inseridas em cada lacuna, fizemos a Tabela 3, na qual está apresentada a resposta correta que deveria ser inserida em cada lacuna e as demais respostas, com as respectivas quantidades.

Tabela 3 – Análise da segunda questão do questionário diagnóstico.

Lacuna	Resposta correta	Respostas inseridas pelos alunos e suas quantidades
1	Ano	Ano (23), mês (1) e período (1)
2	Translação	Translação (14) e rotação (11)
3	Sol	Sol (25)
4	Sol	Sol (25)
5	Terra	Terra (24) e Lua (1)
6	Leste	Leste (24) e Oeste (1)
7	Oeste	Oeste (22), Leste (2) e Norte (1)
8	Eclíptica	Eclíptica (16), eclipse (1), zodíaco (1), astro (1) e em branco (6)
9	Zodíaco	Zodíaco (5), universo (2), solstício (1), Cruzeiro do Sul (10) e em branco (7)
10	Celeste	Celeste (10), terrestre (2), lunar (2), global (1), solar (1), centro (1) e em branco (8)

Fonte: Feito pelo autor.

Analisando as respostas para cada lacuna, percebemos que vários alunos responderam corretamente a alguns conceitos e outros confundiram os nomes dos conceitos apresentados. As três primeiras lacunas deveriam completar a frase:

*Durante um **ano**, a Terra executa o movimento de **translação** ao redor do Sol.*

Para a primeira lacuna, vinte e três alunos (92%) responderam corretamente ano, um (4%) trocou ano por mês e outro (4%) respondeu período. Na segunda lacuna, catorze alunos (56%) responderam corretamente translação e onze (44%) responderam rotação. Isso demonstra que é possível que estes estudantes tenham confundido os dois conceitos, não diferenciando rotação de translação. Para a última lacuna desta frase, todos os alunos inseriram corretamente a palavra Sol. Ao analisarmos esta primeira frase, percebemos que os alunos podem não ter lido a frase ao final do preenchimento, pois a grande maioria respondeu corretamente a primeira e a terceira lacunas.

A quarta e a quinta lacunas deveriam formar a frase:

*Muitas pessoas acham que o **Sol** gira ao redor da **Terra**, porém este movimento que vemos no céu é aparente.*

Todos os alunos preencheram corretamente a quarta lacuna. Para a quinta lacuna, vinte e quatro alunos (96%) preencheram corretamente com a Terra e um (4%) trocou Terra por Lua. Deste modo, percebemos que a grande maioria deles conseguiu compreender que o movimento do Sol em torno da Terra é aparente.

A próxima frase foi formada pela sexta, sétima e oitava lacunas:

*Neste movimento aparente, o Sol nasce no **Leste** e se põe no **Oeste**, percorrendo no céu um caminho que chamamos de **eclíptica**, porque é a região onde a Lua se encontra nos eclipses.*

Na sexta lacuna apenas um aluno (4%) preencheu Oeste para o nascimento do Sol. Para a sétima lacuna, vinte e dois (88%) preencheram Oeste corretamente, dois (8%) preencheram Leste e um (4%) respondeu Norte. Como a grande maioria preencheu corretamente estas duas lacunas, percebemos que estes alunos compreenderam as posições aparentes do Sol em seu nascimento e em seu ocaso. No dia em que corrigimos com os alunos as questões deste questionário, explicamos que o Sol nasce no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste apenas nos equinócios.

Para a lacuna que deveria ser preenchida com eclíptica, dezesseis alunos

(64%) responderam corretamente, seis (24%) deixaram a lacuna em branco, um (4%) respondeu eclipse, outro (4%) respondeu Zodíaco e um último (4%) respondeu astro. Analisando as respostas para esta lacuna, percebemos que nove alunos (36%) não preencheram corretamente esta lacuna com a palavra eclíptica.

As duas últimas frases deveriam ser preenchidas da seguinte forma:

*As constelações do **Zodíaco** também percorrem (aparentemente) este caminho no céu, assim como os planetas e a Lua. Isto se deve ao fato de estarmos olhando para uma esfera imaginária no céu, chamada de esfera **celeste**.*

A penúltima lacuna foi preenchida corretamente com a palavra Zodíaco por cinco alunos (20%), dez (40%) preencheram Cruzeiro do Sul, dois (8%) escreveram Universo, um (4%) preencheu solstício e sete (28%) deixaram esta lacuna em branco. Observando as respostas para esta penúltima lacuna, percebemos que dez alunos (40%) identificaram o Cruzeiro do Sul como um conjunto de constelações e não como um conjunto de estrelas.

Para a última lacuna também existiram várias respostas, mostrando que alguns alunos não compreenderam, ou esqueceram, o conceito de esfera celeste. Sendo que dez (40%) preencheram corretamente esta última lacuna com a palavra celeste, a palavra terrestre foi respondida por dois (8%), assim como a palavra lunar. Um aluno (4%) respondeu global, outro (4%) respondeu solar e um último (4%) respondeu centro. Oito alunos (32%) deixaram esta lacuna em branco.

Assim, a Tabela 3 nos permite concluir que muitas das respostas foram corretas e que ainda existem conceitos que causam dúvidas nestes estudantes. Mesmo com algumas respostas incorretas, percebemos que a maioria compreendeu os conceitos abordados nesta segunda questão do questionário diagnóstico.

Terceira pergunta

3) Observe a figura abaixo e depois responda as questões:



Figura 17 – Representação das estações do ano.
Fonte: Brasil Escola (2016)⁸.

a) *Muitas pessoas dizem que o verão é o resultado da maior aproximação da Terra e do Sol e o inverno é causado pelo maior afastamento destes dois astros. Como você explicaria para estas pessoas a causa das estações do ano?*

Nesta questão, procuramos identificar se os alunos ainda possuem a concepção alternativa de que as estações do ano são causadas pelo afastamento ou pela aproximação da Terra e do Sol, como constatamos nos resultados da problematização inicial das aulas do tema 3.

Quando fizemos a correção deste questionário, ressaltamos aos alunos que a Figura 17 não está em escala e a órbita terrestre não é achatada como a imagem propõe, sendo praticamente circular.

Como cada aluno explicou a ocorrência das estações do ano de uma maneira diferente, as respostas foram organizadas de acordo com a semelhança de conceitos abordados. A Tabela 4 apresenta as respostas para este item:

⁸ Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/estacoes-ano.htm>>. Acesso em: 10 out. 2016.

Tabela 4 - Análise do item a da terceira questão do questionário diagnóstico.

Respostas para o item a da terceira questão do questionário diagnóstico	Quantidade
As estações do ano são causadas pelo movimento de translação terrestre e pela inclinação da Terra em sua órbita.	11
As estações do ano são causadas pela inclinação terrestre em sua órbita.	2
As estações do ano são causadas pelo movimento de translação terrestre.	5
As estações do ano são causadas pela maior ou menor iluminação solar na Terra.	1
As estações do ano são causadas pela diferente iluminação solar na Terra e pela inclinação terrestre	1
Os dias de verão são mais longos e os dias de inverno são mais curtos	1
Resposta em branco	4

Fonte: Feito pelo autor.

A resposta correta para esta questão está apresentada na primeira linha da Tabela 4, sendo que onze alunos (44%) responderam corretamente a esta questão. Sete (28%) responderam parcialmente, sendo que dois (8% do total) relacionaram as estações do ano apenas à inclinação terrestre em sua órbita e cinco (20% do total) relacionaram as estações do ano apenas com o movimento de translação terrestre. A terceira resposta, foi respondida por um aluno (4%), explicando que as estações do ano são causadas pela iluminação solar na Terra, não explicando que a diferente incidência de raios solares é causada pela inclinação terrestre na eclíptica no movimento de translação da Terra em torno do Sol.

A quarta resposta, respondida por um aluno (4%), não explicou que a Terra precisa de um movimento de translação para que o ciclo das estações se complete. Para finalizar, a quinta resposta, também respondida por um aluno (4%), não explica a causa das estações do ano e sim a consequência destas estações, ocasionando dias mais longos no verão e mais curtos no inverno.

Abaixo são apresentadas algumas das respostas para este item a:

Resposta do aluno 15:

Resposta do aluno 15:
 As estações do ano se dão através da inclinação terrestre em sua órbita e pelo movimento de translação ao redor do Sol.

Resposta: As estações do ano se dão através da inclinação terrestre em sua órbita e pelo movimento de translação ao redor do Sol.

Esta resposta mostra que o aluno 15 relacionou corretamente as estações do ano ao movimento de translação terrestre e à inclinação da Terra em sua órbita.

Resposta do aluno 17:

É por causa do movimento de translação da Terra.

Resposta: É por causa do movimento de translação da Terra.

O aluno 17 citou apenas o movimento de translação da Terra e não citou a inclinação terrestre na eclíptica.

Resposta do aluno 10:

É por causa da inclinação da Terra, dependendo da estação ele recebe mais iluminação ou menos em tal hemisfério.

Resposta: É por causa da inclinação da Terra, dependendo da estação ele recebe mais iluminação ou menos em tal hemisfério.

Nesta resposta, o aluno 10 citou a inclinação terrestre como a causa da diferente iluminação em cada hemisfério e não comentou sobre o movimento de translação da Terra em torno do Sol.

Assim, percebemos que nenhum aluno relacionou as estações do ano com o afastamento ou aproximação da Terra e do Sol. Existem conceitos que ainda ficaram confusos para alguns, como é mostrado em algumas respostas. Porém, a maioria relacionou total ou parcialmente as estações do ano com os conceitos corretos.

b) Observando a imagem e lembrando da aplicação do software Astro 3D, qual é a relação entre as estações do ano e o nosso calendário?

Como esta pergunta foi aberta, as respostas foram separadas de acordo com a semelhança entre as explicações, como mostra a tabela 5:

Tabela 5 - Análise do item b da terceira questão do questionário diagnóstico.

Respostas para o item b da terceira questão do questionário diagnóstico	Quantidade
A relação é que o tempo que a Terra demora para girar em torno do Sol é o mesmo que ela demora para completar o ciclo das estações.	11
Porque demora três meses para mudar de estação do ano.	2
Demora um ano para voltar ao dia mais longo, completando as quatro estações.	1
Porque cada estação dura três meses e a Terra demora um ano para sua translação que é o tempo de duração das quatro estações.	2
Porque é o tempo que a Lua demora para voltar à sua fase inicial.	1
Através da observação do Sol no horizonte, percebemos que demora um ano para que o Sol volte à mesma posição.	5
Resposta em branco	3

Fonte: Feito pelo autor.

Através da Figura 17, o aluno poderia perceber que, para a Terra completar o ciclo das estações, é preciso completar o movimento de translação ao redor do Sol. Também poderia recordar das aulas do tema 2, nas quais explicamos sobre a utilização do gnômon na observação contínua do nascimento e do ocaso do Sol no horizonte, percebendo que o Sol volta, aparentemente, à posição inicial após a finalização deste ciclo de 365 dias, aproximadamente.

Deste modo, onze alunos (44%) relacionaram o calendário com o período que a Terra demora para girar ao redor do Sol e completar o ciclo das estações. Cinco alunos (20%), recordaram do primeiro método para a contagem do ano, que foi a utilização do gnômon, observando a localização do Sol no horizonte todos os dias e percebendo que o Sol move, aparentemente, até voltar à posição inicial depois de, aproximadamente, 365 dias. Como o calendário está relacionado com o tempo, dois alunos (8%) compararam os três meses, aproximadamente, de cada estação com o ano. Sendo assim, as quatro estações durariam doze meses. Isto foi respondido por dois alunos (8%), porém estes explicaram apenas que demora três meses para a ocorrência de cada estação, sem se referirem ao período total de um ano.

Um aluno (4%) recordou do solstício de verão, dia mais longo do ano, e escreveu que demora um ano para que este solstício ocorra novamente. Um aluno (4%) confundiu a duração do ano com a duração do mês, explicando que a duração do mês corresponde ao período sinódico da Lua. Para finalizar, três alunos (12%) não

responderam a este item.

Abaixo são apresentadas algumas das respostas para este item *b*:

Resposta do aluno 11:

Elas duram três meses do ano cada e quando chega na mesma denovo é que já se passou um ano ou a Terra deu um giro completo ao redor do sol.

Resposta: Elas duram três meses do ano cada e quando chega na mesma denovo é que já se passou um ano ou a terra deu um giro completo ao redor do sol.

Nesta resposta, o aluno 11 relacionou o tempo de cada estação com o período de translação da Terra em torno do Sol para justificar a relação entre as estações do ano e o calendário.

Resposta do aluno 16:

R: é o tempo em que a Terra gasta para girar ao redor do sol.

Resposta do aluno 16: É o tempo em que a Terra gasta para girar ao redor do Sol.

O aluno 16 relacionou o movimento de translação terrestre com o tempo de um ano para justificar a relação entre as estações do ano e o calendário.

Quarta pergunta

4) Observe a imagem abaixo e responda as perguntas:

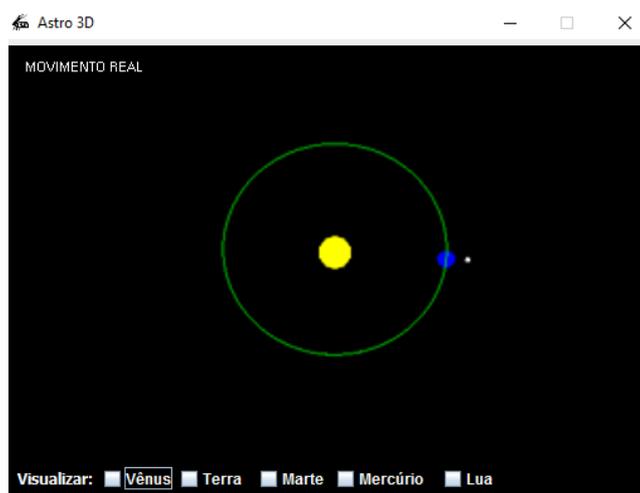


Figura 18 – Movimento do Sol, da Terra e da Lua no referencial heliocêntrico.

Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

a) Qual é a fase da Lua apresentada na figura?

A Figura 18 representa a tela do Astro 3D para o movimento dos astros no referencial heliocêntrico. A fase da Lua que está sendo representada é a fase de lua cheia, porque a parte visível da Lua, vista da Terra, recebe a maior incidência de raios solares. Isto foi explicado para os alunos nas aulas do tema 4. Na Tabela 6 são apresentadas as respostas para este item:

Tabela 6 - Análise do item a da quarta questão do questionário diagnóstico.

Respostas para o item a da quarta questão	Quantidade
Lua cheia, porque existe a maior incidência de raios solares na parte que podemos ver da Lua	15
Lua cheia	5
Lua minguante, por causa da posição da Terra, da Lua e do Sol	2
Lua crescente, porque ela recebe mais iluminação solar	1
Lua nova, porque só conseguimos ver uma pequena parte da Lua	2

Fonte: Feito pelo autor.

Quinze alunos (60%) responderam corretamente à questão e outros cinco (20%) responderam corretamente que esta é a fase de lua cheia, porém não justificaram a resposta. Ao analisar as outras respostas, percebemos que dois alunos (8%) responderam que a fase apresentada é a lua quarto-minguante, eles podem ter respondido desta maneira porque a Figura 18 apresenta a Lua encoberta pela Terra.

Ao corrigir este questionário, explicamos que a Terra e a Lua possuem inclinações diferentes em suas órbitas, evitando a ocorrência de eclipses todos os meses. Além disso, a Figura 18 apresenta as posições relativas entre a Terra, a Lua e o Sol de maneira bidimensional e sem escala de distâncias, existindo a impressão de que a Terra está impedindo que a luz solar chegue até a Lua. Isto também pode ser uma justificativa para a resposta de um aluno (4%) quando respondeu lua crescente, pois as posições relativas entre a Terra, a Lua e o Sol na lua cheia são bem parecidas com estas posições na fase de lua quarto-crescente.

Outros dois alunos (8%) responderam que a fase representada na Figura 18 é a fase de lua nova, afirmando que é possível visualizar apenas uma parte da Lua. A causa desse erro pode estar no fato da imagem bidimensional dar a impressão de que a Terra encobriu a Lua e, por isto, a Lua recebeu menos iluminação do Sol.

Esta questão mostra que 20 alunos (80%) reconheceram as posições relativas entre a Lua, a Terra e o Sol na ocorrência da fase de lua cheia. Também foi identificada uma concepção alternativa comum, que é a dificuldade dos alunos em perceber a diferença entre objetos bidimensionais e tridimensionais. Dentre os trabalhos que tratam desta concepção alternativa, Leite e Hosoume (2009) explicam que uma das dificuldades na compreensão de conceitos de Astronomia, como as fases da Lua, é a elevada abstração e conhecimento espacial exigidos para o entendimento destes conceitos.

b) Por que não vemos a outra face da Lua?

As explicações sobre a face oculta da Lua foram feitas no tema 4. Neste tema explicamos que a Lua executa o seu movimento de rotação em sincronia com o seu movimento de translação em relação à Terra, por isto, sempre observamos a mesma face da Lua. Na Tabela 7, são apresentadas as respostas para este item.

Tabela 7 - Análise do item *b* da quarta questão do questionário diagnóstico.

Respostas para o item <i>b</i> da quarta questão do questionário diagnóstico	Quantidade
Porque a Lua possui o movimento de rotação sincronizado com o movimento de translação ao redor da Terra.	10
Porque a Lua e a Terra se movem juntas.	11
Resposta em branco.	3

Fonte: Feito pelo autor.

É visto que dez alunos (40%) responderam corretamente a este item. Outros onze (44%) não souberam explicar corretamente a causa da face oculta da Lua. Para este item, três alunos (12%) deixaram a resposta em branco.

c) Escreva abaixo de cada figura, a fase da Lua que está sendo apresentada:

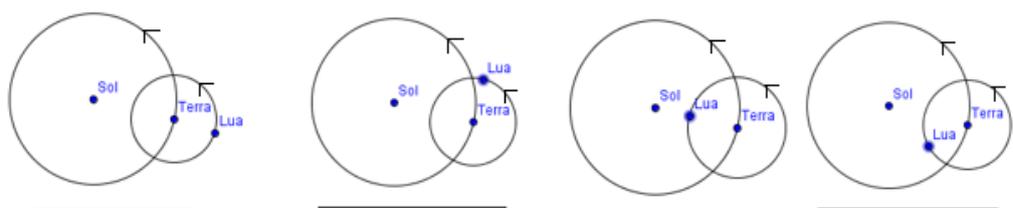


Figura 19 - Posições relativas entre o Sol, a Lua e a Terra nas fases da Lua.
Fonte: Feito pelo autor.

De acordo com as posições relativas entre o Sol, a Terra e a Lua, foram apresentadas as fases de lua cheia, quarto-minguante, nova e quarto-crescente. Na Tabela 8, são apresentadas as respostas dos alunos para este item:

Tabela 8 - Análise do item c da quarta questão do questionário diagnóstico.

Respostas dos alunos para o item c da quarta questão	Primeira imagem	Segunda imagem	Terceira imagem	Quarta imagem
Lua cheia	21	3	1	0
Lua quarto-minguante	4	14	0	7
Lua nova	0	1	19	5
Lua quarto-crescente	0	7	5	13

Fonte: Feito pelo autor.

Ao analisarmos os resultados para a primeira imagem, percebemos que vinte e um alunos (84%) concluíram corretamente que esta é a representação da lua cheia e quatro (16%) acreditaram que esta imagem mostra a fase de lua quarto-minguante. Porém, as próprias setas indicam o sentido do movimento, no referencial heliocêntrico, da Terra e da Lua, mostrando que esta é a fase de lua cheia.

Para a segunda imagem, catorze alunos (56%) responderam corretamente que esta é a representação da fase de lua quarto-minguante. Outros sete (28%) confundiram esta fase com a fase de lua quarto-crescente. Uma das hipóteses para este erro pode ser apresentada pela semelhança entre as configurações destas duas fases. Porém, as imagens possuem setas mostrando o sentido de movimento, indicando que a iluminação da face voltada para a Terra está diminuindo. Três alunos (12%) responderam lua cheia e um (4%) respondeu lua nova.

Dezenove alunos (76%) responderam corretamente que a terceira imagem está representando a fase de lua nova. Cinco (20%) entenderam que esta imagem representa a fase de lua quarto-crescente e um (4%) achou que a imagem representa a fase de lua cheia.

Para a última imagem, treze alunos (52%) acertaram ao responderem que esta é a representação da fase de lua quarto-crescente. Sete (28%) confundiram esta fase com a fase de lua quarto-minguante e cinco (20%) responderam lua nova.

Esta questão mostrou que a maioria dos alunos compreendeu as posições relativas entre a Lua, a Terra e o Sol em cada fase lunar. Quando corrigimos este questionário em sala de aula reforçamos que as imagens apresentadas são

bidimensionais e que existe a impressão de que a Terra está encobrindo a Lua. Além disso, explicamos que os corpos celestes não estão em escala de tamanho ou de distância e ressaltamos que as imagens são meramente ilustrativas e que as dimensões destes corpos e a distância entre eles não estão apresentadas na proporção real.

d) Qual eclipse ocorre na fase de lua nova? Justifique sua resposta.

Para esta pergunta, vinte e três alunos (92%) responderam corretamente que o eclipse solar ocorre na fase de lua nova e dois (8%) responderam que o eclipse lunar ocorre na fase de lua nova. Abaixo são apresentadas algumas respostas para esta pergunta:

Resposta do aluno 13:

O eclipse solar, porque a lua tapa a visão do sol.

Resposta do aluno 13: O eclipse solar, porque a lua tapa a visão do sol.

Provavelmente o aluno 13 recordou que a Lua esconde o Sol, aparentemente, durante este tipo de eclipse e por isto explicou que a Lua tapa a visão do Sol.

Resposta do aluno 10:

Eclipse lunar, porque os três astros estão alinhados e a lua está no meio.

Resposta do aluno 10: Eclipse lunar, porque os três astros estão alinhados e a lua está no meio.

O aluno 10, aparentemente, confundiu o nome dos eclipses, acertando as posições relativas entre a Terra, o Sol e a Lua e errando o nome do eclipse.

Diante destes resultados percebemos que a maioria dos alunos conseguiu mudar suas concepções sobre os conceitos astronômicos estudados. Estes resultados mostram que os três momentos pedagógicos foram importantes para a organização, elaboração e análise da sequência didática, permitindo a avaliação diagnóstica do progresso dos alunos no decorrer das aulas a fim de elaborarmos estratégias para que os alunos mudassem suas concepções anteriores como foi apresentado neste capítulo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação desta sequência didática ocorreu no último bimestre do ano letivo de 2015. Por isto, desde o início do ano, os alunos foram incentivados a observarem os fenômenos astronômicos, como a posição do Sol no horizonte no decorrer dos dias, as fases da Lua, a duração dos dias e das noites e até a ocorrência de um eclipse lunar que ocorreu algumas semanas antes da aplicação destas aulas.

Para isso, nas aulas de Física foram sendo explicados conceitos astronômicos e exemplos com os corpos celestes. Como exemplo, nas aulas que abordavam o conteúdo de energia, além das explicações da teoria proposta, explicamos o ciclo de vida de uma estrela relacionando-o com os vários tipos de energia.

Também divulgamos e debatemos os eventos astronômicos que ocorreram durante o ano de 2015 na escola e nas redes sociais. O blog criado para a divulgação das aulas desta sequência didática também foi utilizado para a divulgação dos eventos astronômicos, de curiosidades e de conceitos importantes desta ciência. Observações noturnas no pátio da escola ocorreram com frequência e permitiram que alunos, pais e funcionários da escola tivessem a oportunidade de conhecer algumas constelações, os planetas visíveis a olho nu e mitos relacionados aos fenômenos e corpos celestes.

Todas estas intervenções motivaram os alunos a criarem o hábito de olhar para o céu e de valorizar a cultura dos povos indígenas e dos demais povos que elaboraram muitas histórias e mitos para explicar os fenômenos e corpos celestes. Ao mesmo tempo, foi valorizado o estudo científico, com destaque para a Astronomia, mostrando que várias pessoas dedicaram suas vidas para que tivéssemos as explicações e teorias sobre o que acontece no céu e para que tenhamos a consciência de que é preciso conhecer as verdadeiras causas dos fenômenos celestes.

A quantidade de alunos que participaram da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) aumentou significativamente em relação aos anos anteriores. Alguns dos alunos que participaram das aulas desta sequência didática foram classificados para a IX Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), que foi realizada em novembro de 2016. Nunca houve alunos classificados para esta mostra de foguetes em anos anteriores na escola. Porém, estes alunos não tiveram o apoio financeiro da secretaria de educação do estado de Minas Gerais para a viagem ao Rio de Janeiro e, sendo assim, não participaram deste evento.

Além disso, os alunos possuíam uma visão de que o estudo de ciências é ultrapassado e longe da realidade. Diante desta visão, Braund & Reis (2006), ressaltam que a explicação de algum assunto de maneira diferente, fugindo da sequência fragmentada de vários livros didáticos, possibilita a conexão entre a ciência e a vida pessoal, cultural e social dos alunos.

Foram utilizados vários recursos que o professor da educação básica possui ao seu alcance. O uso do globo terrestre, dos vídeos, das imagens e da sala de informática foram auxiliares à aplicação do Astro 3D nas aulas. Mostrando que é possível conciliar a tecnologia com os recursos que possuímos em nossas escolas e obter resultados satisfatórios como os resultados apresentados nesta dissertação.

O software Astro 3D permitiu a simulação de fenômenos astronômicos que demorariam horas, dias ou anos para serem analisados. Estas simulações possibilitaram a compreensão de que existem ciclos na natureza, como o ciclo das estações do ano e o ciclo das fases da Lua. Também mostrou aos alunos que o movimento no referencial topocêntrico é apenas aparente e que muitas explicações que já ouvimos sobre os fenômenos celestes estão erradas. Por isso, a aplicação deste software permitiu que os alunos pudessem analisar as concepções alternativas que possuíam sobre o céu, possibilitando uma compreensão correta dos fenômenos celestes e dos movimentos dos astros nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico.

Sendo assim, o uso do Astro 3D mostrou sua aplicabilidade nas aulas que abordam conceitos astronômicos, permitindo a identificação de várias concepções alternativas e que, ao final da análise da sequência didática, concluímos que a maioria dos alunos conseguiu entender as verdadeiras causas dos fenômenos estudados.

Antes de elaborar e aplicar esta sequência didática, minhas aulas não eram organizadas de acordo com um referencial teórico. As aulas eram preparadas antes, porém, não existia um olhar crítico a respeito da maneira em que elas seriam aplicadas. Os três momentos pedagógicos permitiram uma organização melhor dos vários momentos das aulas de Astronomia e de todas as demais aulas que lecionei posteriormente. Este fato demonstra a importância do uso de referenciais teóricos como apoio ao trabalho docente.

Os objetivos específicos desta sequência didática foram atingidos, ao passo que foi possível analisar o uso de recursos tecnológicos na sala de aula, através das várias simulações feitas com o Astro 3D e a utilização deste software pelos próprios

alunos na sala de informática, mostrando que os recursos tecnológicos podem contribuir para o ensino e, em especial, para o de Astronomia. Também foi positiva a aplicação dos três momentos pedagógicos, porém não aplicamos os três momentos em cada tema. Decidimos utilizar os dois primeiros momentos durante os temas e, ao final de todos os temas, aplicamos o último momento pedagógico. Por fim, conseguimos apresentar uma metodologia de ensino de Astronomia com o Astro 3D, não apenas de maneira conceitual, mas também mostrando na prática que esta metodologia pode ser aplicada por outros professores.

O presente trabalho foi apresentado em vários eventos, como no Encontro Sul - Mineiro de Ensino de Física – ESMEF, realizado na UNIFEI-MG (Universidade Federal de Itajubá) em setembro de 2015; no Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – SNEA, realizado na UFG (Universidade Federal de Goiás), em julho de 2016; na Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), em Ribeirão Preto – SP, em agosto de 2016 e na Semana da Física da UNIFAL (Universidade Federal de Alfenas) em novembro de 2016.

Para trabalhos futuros, pretendemos elaborar oficinas para professores com a sequência didática apresentada nesta dissertação, com o objetivo de divulgar este trabalho como contribuição para o ensino de Astronomia. Além disso, iremos inserir, no próprio Astro 3D, as simulações e os planos de aula que propomos no Apêndice desta dissertação para que o professor que utilizar o software possa simular, com mais facilidade, os fenômenos astronômicos.

REFERÊNCIAS

AFONSO LÓPEZ, R. et al. Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el Universo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 327-335, 1995.

AGAN, Lori. Stellar ideas: Exploring students' understanding of stars. **Astronomy Education Review**, v. 3, n. 1, p. 77-97, 2004.

AMARAL, Patrícia; DE OLIVEIRA, Carlos Eduardo Quintanilha Vaz. Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNLD 2008. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 12, p. 31-55, 2011.

BEDAQUE, Paulo. O perigo que vem do espaço. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 2, p. 103-111, 2005.

BIERRENBACH, **Astronomia de Posição**. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/AstroPosicao/Curso2013.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

BISCH, S. M. **Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. 1998. 301f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - IF/USP, São Paulo, 1998.

BOCZKO, ROBERTO. Erros comumente encontrados nos livros didáticos do ensino fundamental. **Expoastro98 Astronomia: Educação e Cultura**, v. 3, n. 1998, p. 29-34, 1998.

BRASIL, Ministério da Educação e Desporto (MEC), Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais para terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental (PCN)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. **Guia de tecnologias educacionais**. Brasília, MEC, 2009.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (1ª a 4ª Série)**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

_____. PCNs+ **Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, MEC, 2002.

_____. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>.
Acesso em: 16 ago. 2016.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC. 2008.

BRAUND, Martin; REISS, Michael. Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 12, p. 1373-1388, 2006.

BRETONES, Paulo Sergio. **Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia: Implantação, Dificuldades e Possíveis Contribuições**. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2011, Rio de Janeiro. Atas eletrônicas... Disponível em:
<<http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/?q=lista-detrabalhos-do-i-snea-2011>>.
Acesso em: 16 ago. 2016.

_____. **A astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu**. 2006. 187f. Tese de doutorado em Geociências– Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000390652>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

_____. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999, 200f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 1999.

BRETONES, Paulo Sergio; COMPIANI, Maurício. A observação do céu como ponto de partida e eixo central em um curso de formação continuada de professores. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 173-188, 2010.

BUCCIARELLI, Pablo. **Recursos didáticos de Astronomia para o Ensino Médio e fundamental**. 2001. 57f. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CAMINO, Néstor. Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 081-96, 1995.

CANALLE, J. B. G. **O problema do Ensino da Órbita da Terra**. São Paulo: Física na Escola, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2003.

CANIATO, Rodolpho. **Um projeto brasileiro para o ensino de física**. 1974. 586f. Tese (Doutorado), Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, 1974.

CAPOZZOLI, U. Ano internacional da astronomia. **Scientific American Brasil**. São Paulo, ano 6, n. 61, p. 22-23, 2007.

COX, K.K. **Informática na educação escolar**. Campinas: Autores Associados, 2008.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. 219f. Tese de doutorado (Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

_____. **Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné-Bissau**. 1982. 227 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

_____. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

_____. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências? (Crisis in science teaching?). **Investigações em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

GEMINARO, D.; JUSTINIANO, A.; AFONSO, A. A Construção de Lunetas a Baixo Custo e Sua Utilização no Ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio. **Escrever a Prática Pedagógica**. Alfenas-MG: 1ª Edição - Volume 2, 2014.

GILAT, Amos; SUBRAMANIAM, Vish. **Métodos numéricos para engenheiros e cientistas: uma introdução com aplicações usando o MATLAB**. Bookman Editora, 2009.

GOLDSTEIN, HERBERT; **MECHANICS, Classical**. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1980.

HALLIDAY, D.; HESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2 Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 1993.

INCT-A. **Curso de Aperfeiçoamento em Astronomia para a Docência- A face oculta da Lua**. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=f3l04WSsyc>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

JUSTINIANO; BOTELHO, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v 38, nº 4, e4311 (2016).

JUNIOR, Artur Justiniano Roberto; REIS, Thiago Henrique; DOS REIS GERMINARO, Daniel. DISCIPLINAS E PROFESSORES DE ASTRONOMIA NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 18, p. 89-101, 2014.

KRAUSS, Lawrence M. The History and Fate of the Universe. **The Physics Teacher**, v. 41, n. 3, p. 146-155, 2003.

LANGHI, Rodolfo. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 373-399, 2011.

_____. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. 240f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LAWRENCE, Jackie L. Introduction to Basic Astronomy with a PC. **Richmond, Va., USA: Willmann-Bell, 1989, v. 1, 1989.**

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 797-811, 2009.

LEITE, C. **Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia**. 2002. 160f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 2002.

_____. **Formação do Professor de Ciências em Astronomia: Uma Proposta com Enfoque na Espacialidade**. 2006. 274f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05062007-110016/ptbr.php>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

LONGUINI, M.D.; MATSUNAGA, E. Y. **Uma investigação sobre as ideias de alunos do ensino fundamental de diferentes idades acerca de temas de Astronomia**. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XI, 2008, Curitiba. Anais de XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba: UTFPR, p. 1-13. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/epf/_umainvestigacaosobreasid.trabalho.pdf> Acesso em: 16 ago. 2016.

LONGHINI, Marcos Daniel; DE DEUS MENEZES, Leonardo Donizette. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: Algumas situações problemas propostas a partir do software Stellarium. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 433-448, 2010.

LONGHINI, Marcos Daniel; MORA, Iara Maria. Uma investigação sobre o conhecimento de Astronomia de professores em serviço e em formação. **Educação em Astronomia—experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas/SP: Átomo, p. 87-116, 2010.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, CF de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MENEZES, L. D. D. **Tecnologia no ensino de Astronomia na educação básica**. 2011. 187f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

MOURÃO, R. R. F., **Manual do astrônomo: uma introdução à astronomia observacional e à construção de telescópios**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 151 p., ISBN: 85-7110-296-1, 2004.

OLIVEIRA, M. F. O. SARAIVA. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, 2000. 557p.

_____; _____. **Astronomia e Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014. V.1 3ª ed., 780f.

O Pálido Ponto Azul. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=tRjVDOgGJ8Y>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

PESSANHA, M. C. R.; COZENDEY, S. G.; OLIVEIRA, V. H. R. de; SOUZA, M. de O. Astrosolar, um software didático para a apresentação de conceitos de astronomia. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17, 2007, São Luis. **Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Luis: UEMA/UFMA/CEFET, 2007, p. 40.

RAVOTTO, Pierfranco; BELLINI, Roberto. **Quali competenze digitali per insegnare al tempo del web 2.0?** In: CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI ELEARNING, 5, 2008, Trento (Italia). Atti del V Congresso annuale della Società Italiana di e-Learning. Trento: Facoltà Di Economia, 2008. Disponível em: <<http://siel08.cs.unitn.it/Atti/html/ravotto.html>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

SOARES, Domingos SL. A Real Importância de Sobral na Ciência Moderna. **Bulletin of the Astronomical Society of Brazil**, v. 25, n. 2, p. 21-29, 2006.

SOARES, Leonardo Marques. O relógio de sol horizontal como instrumento para o ensino de ciências. **Revista Interlocação**, v. 4, n. 4, 2011.

TELECURSO 2000. **Telecurso-Aula 27-Ciências**. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=bLjoCf1RpeQ>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

TEODORO, S. R.; NARDI, R. N. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional.** In: NARDI, R. (Org.) Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente. São Paulo: Escrituras, 2001. p. 57-68.

TIGNANELLI, Horácio Luis. Sobre o ensino da astronomia no ensino fundamental. **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões.** Porto Alegre: Artmed, p. 57-89, 1998.

TV ESCOLA. **ABC da Astronomia [27] Zodíaco.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5eyZA0K2Q4I>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

TV ESCOLA. **ABC da Astronomia – Heliocentrismo.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6xC7oYbudaE>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

YOSHIDA, T. A vectorial derivation of Kepler's equation. **American Journal of Physics**, v. 56, n. 6, p. 561-563, 1988.

APÊNDICE A - O ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA COM O USO DO SOFTWARE ASTRO 3D

A.1 Introdução

Esta sequência didática apresenta conteúdos de Astronomia que permitem ao aluno da educação básica uma visão crítica de seu lugar no Universo. Estes conteúdos serão estudados através de aulas expositivas e práticas centradas no software Astro 3D.

As aulas foram divididas em temas e estes temas são apresentados através do referencial teórico dos três momentos pedagógicos, permitindo ao professor problematizar os fenômenos astronômicos que serão estudados, organizar o conhecimento sobre estes fenômenos e aplicar este conhecimento através de atividades com o Astro 3D nas aulas, na sala de informática e em um questionário diagnóstico.

Nas próximas seções apresentaremos os objetivos desta sequência didática, a estrutura e a organização das aulas propostas, o software Astro 3D e suas funcionalidades, os temas organizadores das aulas e, ao final, várias simulações com o Astro 3D.

A.2 Objetivos

Os objetivos desta sequência didática são:

- a) analisar o uso de recursos tecnológicos no ensino de Astronomia, proporcionando uma visão crítica do professor quanto à sua prática docente, buscando novas alternativas para ensinar alunos conectados ao mundo da tecnologia;
- b) aplicar os Três Momentos Pedagógicos nas aulas que abordam conceitos de Astronomia, assim como nas demais aulas que são interdisciplinares aos conteúdos propostos nesta sequência didática;
- c) apresentar uma metodologia de ensino de Astronomia com o software Astro 3D através do desenvolvimento de aulas específicas para diversos conteúdos astronômicos.

A.3 Estrutura da sequência didática e o cronograma das aulas

Analizamos os conteúdos de Astronomia apresentados no catálogo de concepções alternativas de Langhi (2011), nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+, Brasil (2002) e no livro *Educação em Astronomia – Repensando a Formação de Professores*, Langhi e Nardi (2012). Depois de selecionarmos os conteúdos, utilizamos o livro *Astronomia & Astrofísica*, Oliveira Filho e Saraiva (2014) para a elaboração destas aulas.

As aulas da sequência didática foram organizadas em cinco temas, a saber:

- a) tema 1: A Astronomia e sua importância em nossas vidas;
- b) tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia;
- c) tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano;
- d) tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses;
- e) tema 5: O movimento dos planetas e suas características.

Além das aulas de cada tema, propomos atividades na sala de informática e a aplicação de um questionário diagnóstico. Sendo assim, são estimadas treze aulas de 50 minutos para a aplicação da sequência didática, incluindo as aulas teóricas, as atividades na sala de informática, o questionário diagnóstico e as considerações finais com os alunos. A Tabela 9 apresenta esta organização:

Tabela 9 - Cronograma das etapas da sequência didática.

Atividades propostas	Duração em número de aulas
Aula do tema 1	1 aula
Aulas do tema 2	2 aulas
Aulas do tema 3	2 aulas
Aulas do tema 4	2 aulas
Aulas do tema 5	2 aulas
Atividades na sala de informática	2 aulas
Questionário diagnóstico	1 aula
Considerações finais com os alunos	1 aula

Fonte: Feito pelo autor.

Ressaltamos que esta é apenas uma proposta de organização da sequência didática. A quantidade de aulas, a seleção de conteúdos, o livro adotado e o nível de ensino dos alunos permitem a modificação desta sequência de acordo com a realidade da escola na qual estas aulas serão aplicadas.

A.4 Utilizando o software Astro 3D

O Astro 3D é um software livre⁹ que simula o movimento dos astros nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico. No referencial topocêntrico é analisado o movimento aparente dos astros visto por um observador na superfície terrestre. No referencial heliocêntrico, o movimento dos planetas é analisado para um observador fora do sistema solar. Este software possibilita a observação, em poucos minutos, de fenômenos astronômicos que levariam horas, dias ou anos para serem observados em tempo real. Esta simulação do movimento dos astros pode ser feita para qualquer local da superfície terrestre no passado, no presente e no futuro.

Este software foi desenvolvido com o apoio do Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL – MG. Para a construção do software foi usada a linguagem de programação Java, utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado Eclipse e a interface de programação de aplicações gráficas OpenGL.

O Astro 3D apresenta um observador na superfície terrestre com os braços abertos, mostrando os quatro pontos cardeais. Seu braço direito aponta para o ponto cardinal leste, o braço esquerdo para o ponto cardinal oeste, seu rosto para o ponto cardinal norte e suas costas para o ponto cardinal sul. Na esquerda da tela são mostrados os comandos do software, onde o usuário pode utilizar uma localidade pré-determinada como algum dos trópicos ou uma cidade pré-selecionada.

Além disso, o usuário pode utilizar as coordenadas geográficas que desejar, inserindo-as manualmente. É possível determinar o momento de observação em horas, dias, dias siderais, meses ou anos. Após este preenchimento, podemos selecionar o astro a ser estudado, como o Sol, a Lua, a Estrela Polar e também os planetas e as constelações zodiacais. Esta simulação pode ser feita através do movimento destes astros visto em um referencial topocêntrico, por um observador na superfície terrestre ou, ao analisar o movimento dos planetas, podemos visualizar este movimento em um referencial heliocêntrico. Na Figura 20, apresentamos a tela de movimento do Astro 3D para o referencial topocêntrico:

⁹ O Astro 3D encontra-se disponível para download em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/node/20>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

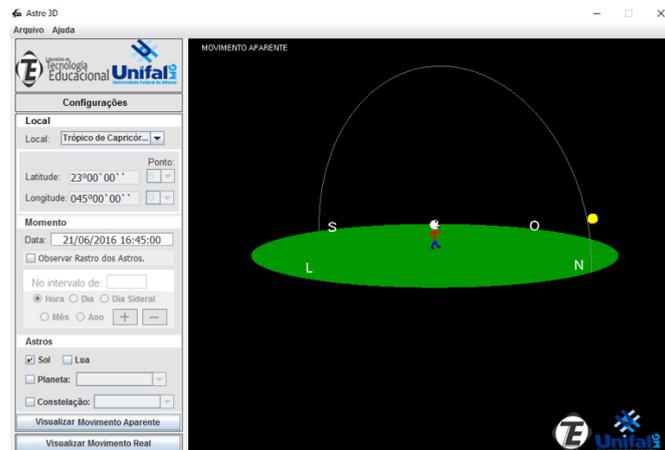


Figura 20 – Apresentação da tela do Astro 3D para o referencial topocêntrico.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Na Figura 20, percebemos que o observador está com os braços abertos nas posições explicadas nos parágrafos anteriores, assim como os comandos da parte esquerda da tela. Como exemplo de utilização do software, a Figura 20 mostra a posição do Sol no referencial topocêntrico para as coordenadas do Trópico de Capricórnio, no dia 21/06/2016 às 16:45. É visto que o Sol está próximo ao horizonte, ao fim da tarde, entre o Oeste e o Norte.

Esta simulação permite explorarmos vários conceitos astronômicos, dentre eles, é possível explicarmos que este é o dia de maior aproximação aparente do Sol em relação ao ponto cardinal norte, pois é o dia do solstício de inverno para o Hemisfério Sul. Também podemos fazer o rastro do Sol, clicando em Observar Rastro dos Astros e inserir o intervalo de uma hora. Neste caso, podemos mostrar aos alunos que este é o dia mais curto do ano. Selecionando as coordenadas do Trópico de Câncer e fazendo os mesmos procedimentos, percebemos que este será o dia mais longo do ano para o Hemisfério Norte, pois é o dia do solstício de verão deste hemisfério. Assim, fica fácil perceber que as estações do ano são opostas nos dois hemisférios.

Na Figura 21 podemos observar a tela de movimento no referencial heliocêntrico do Astro 3D, mostrando o mesmo exemplo apresentado na Figura 20. Porém, neste caso, este movimento é visto por um observador fora do sistema solar.

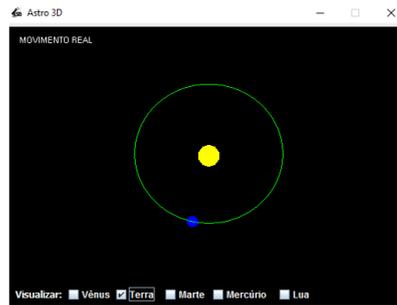


Figura 21 – Apresentação da tela do Astro 3D para o referencial heliocêntrico.

Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Nesta tela da Figura 21, o movimento dos planetas no referencial heliocêntrico é mostrado em duas dimensões. A Terra é o círculo azul e o Sol é o círculo amarelo. No nosso exemplo, podemos fazer o rastro dos astros em dias e observar o movimento da Terra em sua órbita. Sendo assim, podemos explorar vários conceitos astronômicos sobre o período de translação terrestre e o período de cada estação do ano, por exemplo. O software também mostra a real excentricidade da órbita dos astros, mostrando que as imagens apresentadas com a órbita terrestre em formato de elipse exagerada estão incorretas, pois esta órbita é quase circular.

Além disso, o Sol se encontra em um dos focos da elipse, porém a excentricidade desta órbita é muito pequena, assim o Sol fica no centro desta elipse que se aproxima muito de uma circunferência. Este estudo sobre a excentricidade da órbita terrestre foi feito por vários autores, como Canalle (2003). Também é visto que o software apresenta o movimento, no referencial heliocêntrico, da Lua e dos planetas mais próximos à Terra.

Este foi apenas um dos vários exemplos de funcionalidade e aplicabilidade do software Astro 3D nas aulas de Astronomia. Assim, podemos estudar acontecimentos astronômicos do passado, presente e futuro com as posições exatas dos astros no céu.

O Astro 3D permite uma grande quantidade de simulações dos fenômenos astronômicos e apresentamos, nesta sequência de aulas, as aplicações que julgamos serem mais importantes para ensinar os conteúdos propostos em cada tema. Ressaltamos que não foram elaboradas todas as possíveis aplicações deste software para o ensino de Astronomia, mostrando que existem várias outras simulações de fenômenos astronômicos que podem ser utilizadas pelos professores em suas aulas.

A.5 Os temas da sequência didática e suas respectivas aulas

Como mencionado anteriormente, esta sequência didática foi dividida em cinco temas que contemplam os principais conceitos astronômicos identificados em nossa revisão de literatura, com destaque para os temas apresentados no catálogo de concepções alternativas de Langhi (2011). Além disso, foram elaborados slides no programa *Prezi*, para cada tema proposto e estes slides foram disponibilizados em um blog¹⁰ criado para as aulas.

Julgamos necessário disponibilizar estes slides para os alunos, para que pudessem estudá-los novamente antes de realizarem as atividades práticas e o questionário diagnóstico. Deste modo, os professores que aplicarem esta sequência de aulas, podem utilizar estes slides ou modificá-los de acordo com a sua realidade. Ressaltamos que o blog e os slides são apenas auxiliares a esta sequência didática e que estas aulas não necessitam, especificamente, destes slides para serem aplicadas. Sendo assim, o produto educacional aqui apresentado é a sequência didática que utiliza o software Astro 3D nas aulas de Astronomia e não o blog ou os slides.

As simulações e exemplos com o Astro 3D estão disponíveis na seção A.6. Portanto, a descrição das aulas de cada tema apresenta os conteúdos propostos, atividades, exemplos e métodos de ensino destes conteúdos, permitindo ao professor que utilize as simulações com o Astro 3D, sempre que julgar necessárias para a sua prática docente.

Em relação aos três momentos pedagógicos, Delizoicov (1991), o primeiro momento é chamado de *problematização inicial* e consiste na utilização de algumas questões propostas pelo professor a respeito de situações reais que são presenciadas pelos alunos em seu cotidiano e que estão relacionadas com o tema a ser trabalhado. Em seguida, o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, é o momento no qual o professor desenvolve a conceituação necessária para a compreensão das situações problematizadas, através de aulas teóricas e práticas.

Para finalizar, o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, é o momento em que são realizadas atividades que buscam a generalização dos

¹⁰ O blog encontra-se disponível em: <<http://leandrodonizetemoraes.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

conceitos necessários para a compreensão do tema proposto, sendo abordados os conhecimentos sobre as situações iniciais e de situações que, mesmo não estando ligadas diretamente aos problemas iniciais, podem ser compreendidas pelo conhecimento que foi aprendido.

De acordo com os três momentos pedagógicos, propomos o início de todos os temas com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de perguntas e diálogos a respeito do tema que será trabalhado. Em seguida, utilizamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, no qual apresentamos a teoria relacionada ao tema através de aulas expositivas e práticas centradas no Astro 3D. Ao final de todos os temas, propomos o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, através das atividades na sala de informática e do questionário diagnóstico.

Durante o detalhamento dos temas apresentamos propostas de utilização de recursos auxiliares ao Astro 3D para melhor compreensão dos conceitos apresentados. Estes recursos, como o globo terrestre, os vídeos e as imagens, são apenas auxiliares ao uso do Astro 3D e a sequência didática não necessita, obrigatoriamente, do uso destes recursos para ser aplicada nas salas de aula.

A.5.1 Tema 1: A importância da Astronomia em nossas vidas

Objetivos: Entender que esta ciência está em contínuo processo de desenvolvimento, sendo construída por várias pessoas ao longo dos séculos. Compreender a sua importância em nossas vidas e a compreensão de muitos conceitos relacionados a ela. Refletir sobre a importância da conservação do nosso planeta, local onde vivemos no Universo.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como vídeos e imagens, por exemplo.

Tempo estimado: Uma aula de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula com o primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de questionamentos relacionados à Astronomia e vários de seus fenômenos. Após o diálogo e coleta das respostas dos alunos, iniciamos a *organização do conhecimento*, ressaltando a importância da conservação do nosso planeta e explicamos sobre a história da Astronomia, da antiguidade até aos

dias atuais. Depois apresentamos exemplos sobre o desenvolvimento da Astronomia durante os séculos, mostrando imagens sobre telescópios modernos e viagens espaciais.

Avaliação: Nesta aula, anotamos as concepções alternativas dos alunos sobre os conceitos e fenômenos abordados. Isto é necessário para que possamos direcionar atividades para o aprendizado destes conceitos e fenômenos. Além disso, os alunos podem ser avaliados através da participação nos debates propostos.

Detalhamento da aula

Problematização inicial

A primeira aula tem início com a *problematização inicial*, na qual fazemos uma série de questionamentos relacionados com os conceitos de Astronomia que serão trabalhados durante as próximas aulas a fim de conhecer as concepções alternativas que os alunos possuem sobre os temas propostos. Dentre as perguntas iniciais, podemos citar:

Por que a Astronomia surgiu?

O que existe no céu noturno? O que são aqueles pontos luminosos no céu?

Qual a importância de conhecermos o céu para conhecermos melhor a Terra?

Qual é a causa das estações do ano?

O que são as fases da Lua? O que são os eclipses?

Como podemos nos localizar através dos pontos cardeais?

Como podemos nos localizar através das coordenadas geográficas?

Ao final de cada pergunta, é necessário fazermos anotações sobre as indagações dos alunos e o diálogo entre eles, para identificarmos as concepções que eles possuem sobre os conceitos abordados. Podemos solicitar as respostas também por escrito, para uma análise detalhada sobre estas concepções.

Organização do conhecimento

Para iniciarmos o segundo momento pedagógico, apresentamos o vídeo *O Pálido Ponto Azul – Dublado em Português – Carl Sagan, O Pálido Ponto Azul (2016)*. Este vídeo tem duração de 05:06 minutos e explica que nosso planeta é apenas um ponto na imensidão do Cosmos, porém é muito especial e precisa ser respeitado.

Também é feita uma reflexão sobre o nosso local no Cosmos e a importância de preservarmos o nosso planeta. Além disso, comentamos sobre a contribuição deste astrônomo para a Astronomia e para a divulgação desta ciência.

Após este vídeo, discutimos sobre a importância da preservação de nosso planeta e as atitudes que devemos tomar para preservá-lo. Relacionamos o ensino de Astronomia com a compreensão de nossa insignificância em relação ao Universo e, ao mesmo tempo, com a nossa importância como espécie capaz de conservar ou destruir o nosso planeta.

Continuamos a aula explicando sobre a observação da alternância dos dias e das noites pelo homem pré-histórico, assim como a observação das estações do ano. A explicação dos fenômenos celestes através de mitos, como o mito do caçador Órion que é perseguido por um escorpião, mostrando aos alunos as constelações de Órion e de Escorpião. Explicações da origem de outros mitos também foram feitas pelos alunos e pelo professor, incrementando o estudo sobre os mitos relacionados à Astronomia.

Explicamos que o homem começou a perceber o ciclo da vida e dos fenômenos astronômicos, como a sequência de fases da Lua e as diferentes posições aparentes do Sol no horizonte em cada época do ano. Sendo assim, o homem relacionou estes ciclos com a época certa para plantar e colher seus alimentos, por exemplo.

Também explicamos sobre os calendários solar e lunar, através do calendário chinês, por exemplo, que utiliza o ciclo completo do Sol no horizonte, com aproximadamente 365, 24 dias. Os calendários babilônico, assírio e egípcio também podem ser explicados. Além disso, citamos que existem evidências sobre observações astronômicas, na América Central, com os maias e também o Stonehenge, na Inglaterra, além de vários outros locais de observação dos povos antigos.

Destacamos ainda que o desenvolvimento da matemática e da escrita possibilitou o avanço da Astronomia e, atualmente, os modernos telescópios e as sondas espaciais permitem ao homem aprofundar o seu conhecimento sobre o Universo. Além disso, as viagens do homem à Lua e as futuras viagens à Marte, por exemplo, mostram que a Astronomia está em contínuo processo de desenvolvimento.

Para finalizar a aula, podemos explicar que a Astronomia contribui para o avanço de outras ciências e de materiais do nosso cotidiano, como a evolução do

estudo das lentes, por exemplo. Também acrescentamos que existem telescópios espaciais, radiotelescópios e demais instrumentos astronômicos que auxiliam no estudo do Cosmos, permitindo que a Astronomia se desenvolva cada vez mais.

Assim, esta primeira aula possibilita ao aluno entender que a Astronomia é importante para a nossa compreensão do local onde vivemos neste imenso Universo e que a história da Astronomia contribuiu e contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico que temos hoje.

A.5.2 Tema 2: Conceitos introdutórios de Astronomia

Objetivos: Compreender os principais conceitos introdutórios para o aprendizado de Astronomia. Aprender sobre a localização geográfica com os pontos cardeais e com as coordenadas geográficas. Perceber que vivemos em um hemisfério de uma esfera celeste. Entender que as constelações são conjuntos de estrelas aparentemente próximas. Observar e interpretar o movimento diurno dos astros.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como o globo terrestre, por exemplo

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula perguntando aos alunos sobre a maneira que podemos utilizar para a localização dos pontos cardeais durante o dia e durante a noite. Também perguntamos sobre a maneira correta de utilizarmos as coordenadas geográficas. Depois destes e demais questionamentos, organizamos o conhecimento, explicando aos alunos sobre os pontos cardeais e sobre as coordenadas geográficas.

Após este início, abordamos os conceitos de eclíptica, faixa do Zodíaco, constelações, esfera celeste e o movimento diurno dos astros. Estes conceitos são explicados de maneira teórica e com a aplicação do Astro 3D. Além disso, podemos utilizar, como recursos auxiliares ao Astro 3D, o globo terrestre e apresentações de imagens e vídeos relacionados ao tema, por exemplo.

Avaliação: Avaliação diagnóstica dos alunos em relação à participação nos debates apresentados e nos demais momentos das aulas deste segundo tema.

Detalhamento das aulas:

Problematização inicial

A primeira aula deste segundo tema é iniciada com perguntas sobre a maneira correta de localizarmos os pontos cardeais e como podemos nos localizar à noite em cada um dos hemisférios. Foi preciso anotar as respostas para estas perguntas para que pudéssemos identificar as concepções alternativas destes alunos em relação ao tema proposto, permitindo que realizemos atividades que conscientizem os alunos a respeito das verdadeiras explicações sobre estes conceitos.

Organização do conhecimento

Apresentamos o software Astro 3D e, neste primeiro contato com o software na sala de aula, devemos explicar a sua interface e funcionalidades, mostrando que podemos escolher uma data, horário e localidade para analisar o movimento dos astros que queremos estudar.

Utilizando o projetor multimídia, apresentamos o software, mostrando aos alunos que existe um observador com os braços abertos, sendo que o seu braço direito aponta para o Leste, onde o Sol nasce, o braço esquerdo para o Oeste, onde o Sol se põe, sua face para o Norte e suas costas para o Sul. Na Figura 22, apresentamos a tela de movimento dos astros para o referencial topocêntrico:

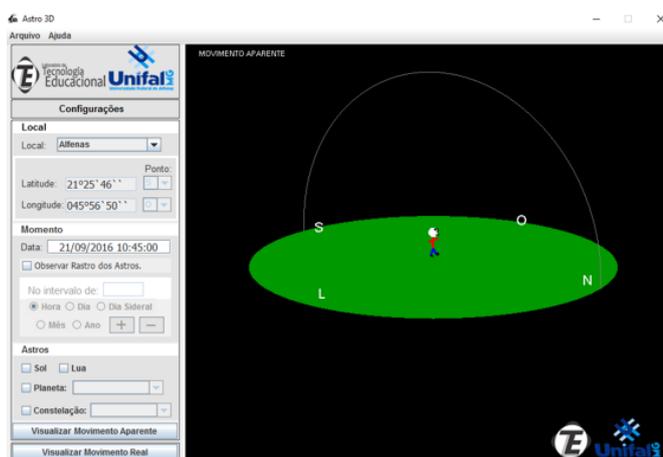


Figura 22 -Tela do Astro 3D para o referencial topocêntrico.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Além disso, ao clicar em *Visualizar Movimento Real*, podemos visualizar o movimento dos planetas estudados para um observador fora do sistema solar, em um

referencial heliocêntrico, permitindo uma compreensão de que o movimento que vemos, aqui da Terra, é apenas aparente e que precisamos entender o movimento no referencial heliocêntrico dos planetas. A Figura 23 apresenta esta tela do Astro 3D.

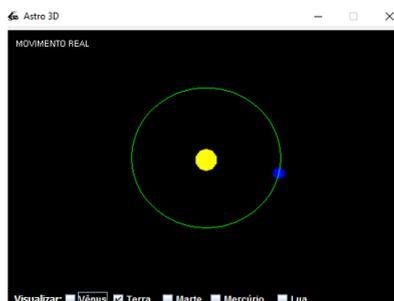


Figura 23 - Tela do Astro 3D para o referencial heliocêntrico.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Na tela de movimento no referencial topocêntrico, podemos selecionar uma localidade, data, hora, o Sol e mostrar o seu rastro no intervalo de hora em hora, confirmando o nascimento aparente do Sol no Leste e o seu ocaso no Oeste. Além disso, precisamos explicar que existem apenas duas datas em que o Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste, que são os equinócios, que serão vistos oportunamente.

Desta forma, explicamos, com o Astro 3D, que podemos localizar a região onde se encontram os pontos cardinais, apenas observando as posições, no referencial topocêntrico, do nascimento e do ocaso do Sol. O exemplo apresentado é mostrado na figura 24:

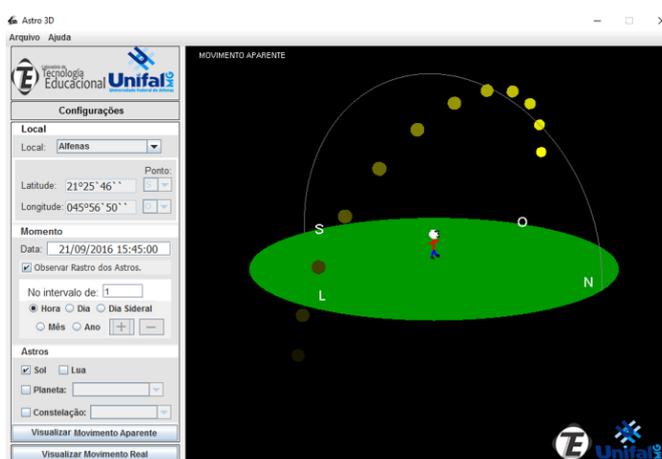


Figura 24 – Simulação do movimento diurno do Sol.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Em seguida, explicamos aos alunos a maneira que podemos nos localizar, pelos pontos cardinais à noite nos dois hemisférios, mostrando que a Estrela Polar é

um ponto de referência importante no Hemisfério Norte e no Hemisfério Sul a referência é a constelação do Cruzeiro do Sul.

Aqui no Hemisfério Sul, basta encontrarmos o Cruzeiro do Sul no céu e prolongarmos 4,5 vezes o braço maior do cruzeiro em direção ao horizonte, traçando uma reta perpendicular imaginária. Deste modo, encontramos o ponto cardeal sul, depois podemos ficar de costas para este ponto cardeal, tendo em nossa frente, o ponto cardeal norte, ao lado direito o leste e ao lado esquerdo o oeste.

No Astro 3D podemos selecionar uma localidade, data, horário de observação e a constelação do Cruzeiro. Depois, prolongamos 4,5 vezes o braço maior do cruzeiro e traçamos uma reta perpendicular imaginária, como demonstrado na Figura 25:

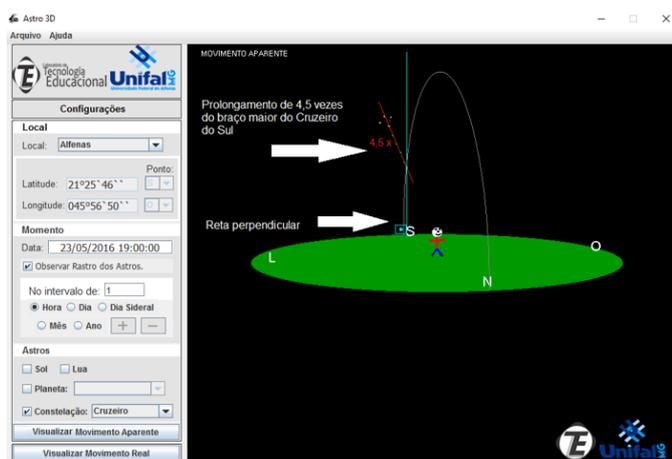


Figura 25 - Localização dos pontos cardeais à noite pelo Cruzeiro do Sul.

Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Para encontrarmos os outros pontos cardeais, explicamos que o observador está de costas para o ponto cardeal sul e esta é a posição em que devemos ficar. Sua face aponta para o norte, seu braço direito para o leste e o esquerdo para o oeste. Podemos enriquecer esta demonstração selecionando diversas localidades do Hemisfério Sul e depois mostrar que, no Hemisfério Norte, podemos ver o Cruzeiro do Sul apenas para latitudes próximas ao Equador, sendo melhor utilizarmos a Estrela Polar como referência. A resposta para a não-localização do Cruzeiro do Sul na maior parte do Hemisfério Norte será respondida quando for explicado sobre a esfera celeste.

Em seguida, explicamos sobre a localização no Hemisfério Norte, mostrando que a Estrela Polar é o ponto de referência para a localização neste hemisfério. Para isso, inserimos coordenadas geográficas do Hemisfério Norte, para uma data e horário

de visualização da constelação Ursa Menor, que possui a Estrela Polar. A Figura 26, apresenta a simulação:

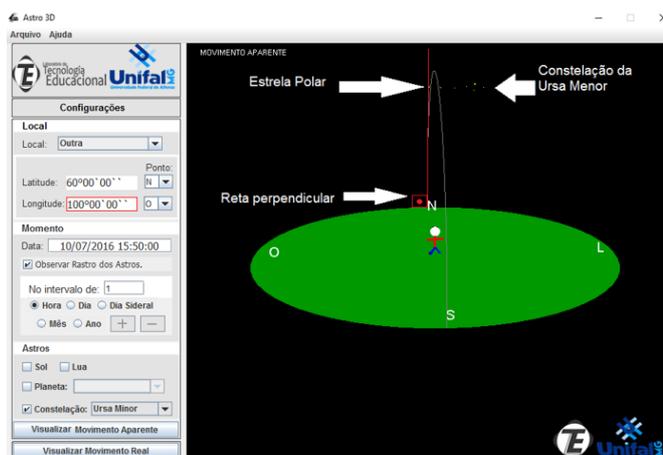


Figura 26 - Localização dos pontos cardeais à noite no Hemisfério Norte.

Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Traçamos uma reta perpendicular imaginária entre a Estrela Polar e o horizonte para encontrarmos o ponto cardeal norte. Assim, basta ficarmos na posição em que o observador do software se encontra para a localização dos demais pontos cardeais. É importante a explicação de que o domínio destas técnicas permite que possamos nos orientar sem bússola ou outro instrumento em alguma situação na qual podemos estar perdidos ou queremos localizar a direção de nosso movimento.

Com esta explicação sobre os pontos cardeais já apresentamos aos alunos o software Astro 3D e suas funcionalidades. As explicações para as próximas simulações com o software estão disponíveis na seção A.6, para que possamos utilizá-las no momento em que julgarmos convenientes.

Dando continuidade à aula, apresentamos aos alunos a teoria sobre as coordenadas geográficas através da apresentação de slides e do globo terrestre. Após estas explicações, iniciamos o conceito de eclíptica, explicando que este é o caminho aparente seguido pelo Sol no céu, além disso, explicamos sobre a esfera celeste e a faixa do Zodíaco, com as famosas constelações que estão presentes nesta faixa.

Também explicamos que as constelações são conjuntos de estrelas que estão aparentemente próximas. Depois ensinamos sobre a esfera celeste e apresentamos simulações no Astro 3D, que estão na seção A.6, que explicam sobre a faixa do Zodíaco, eclíptica, constelações zodiacais e esfera celeste. Entre as simulações, é apresentada uma simulação sobre a esfera celeste, em que a constelação da Ursa

Menor fica girando em torno do Polo Norte Celeste.

Em seguida, apresentamos o vídeo *ABC da Astronomia-Zodiaco*, ABC (2016). Este vídeo de 5:32 minutos explica sobre a faixa do Zodíaco, a eclíptica, as constelações zodiacais e a esfera celeste.

Acrescentamos o conceito de movimento diurno dos astros, mostrando que os astros que vemos no céu percorrem, aparentemente, este caminho na esfera celeste. Assim, os conceitos apresentados anteriormente se complementam e aplicamos uma simulação sobre o movimento diurno dos astros com o Astro 3D.

Ao final, explicamos aos alunos sobre a importância de entendermos a respeito da esfera celeste e do movimento diurno dos astros para a compreensão das diferentes inclinações aparentes dos astros no céu e a comparação destas inclinações com o movimento destes astros no referencial heliocêntrico. Também é importante a compreensão da maneira correta de nos localizarmos com os pontos cardeais e com as coordenadas geográficas.

Além disso, a explicação da eclíptica, da faixa do Zodíaco e das constelações zodiacais se faz necessária para o entendimento de que existe uma faixa específica no céu onde podemos visualizar os fenômenos astronômicos que serão estudados nos próximos temas.

A.5.3 Tema 3: O movimento aparente do Sol e as estações do ano

Objetivos: Compreender que o movimento do Sol no céu é apenas aparente e que é a Terra que gira ao redor do Sol. Aprender sobre os conceitos de dia e ano através dos fenômenos astronômicos relacionados. Entender que as estações do ano são causadas pela inclinação da Terra em sua órbita e pelo movimento de translação. Perceber que a duração dos dias e das noites muda durante o ano. Estudar sobre os fusos horários e compreender o motivo da existência do horário de verão.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como o globo terrestre, slides e vídeos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos o tema explicando que o movimento do Sol no céu é aparente, através de exemplos com o Astro 3D e recursos auxiliares. Depois explicamos que os povos antigos perceberam que o Sol se movia lentamente no

horizonte no início ou no final dos dias e que este movimento se repetia durante certo período, iniciando os conceitos de dia e ano. Depois explicamos sobre as estações do ano, solstícios e equinócios. Em seguida, simulamos a duração dos dias e das noites para cada estação e comentamos sobre os fusos horários e o horário de verão.

Avaliação: Através da avaliação diagnóstica sobre a participação dos alunos durante as aulas.

Detalhamento das aulas

Problematização inicial

Ao iniciar o tema, questionamos os alunos sobre as estações do ano, perguntando sobre a existência de diferentes estações nos dois hemisférios ao mesmo tempo. Também podemos perguntar sobre a causa destas estações, sobre a duração dos dias e das noites e várias outras perguntas que julgarmos necessárias para a análise das concepções alternativas que os alunos possuem sobre o tema.

Organização do conhecimento

Continuamos a aula explicando que os povos antigos perceberam que o Sol move, aparentemente, no horizonte a cada dia. Utilizando uma estaca fincada no chão, chamada de gnômon, o homem percebeu que a sombra desta estaca varia de acordo com a hora e a época do ano. Na sequência, explicamos sobre os solstícios e equinócios, mostrando que a sombra mínima do gnômon, ao meio-dia, por exemplo, representa o solstício de verão e a máxima o solstício de inverno. A bissetriz entre estas posições representa o equinócio de primavera ou de outono. Estas observações determinaram o chamado ano das estações ou ano tropical. Na Figura 27, são mostradas as diferentes posições da sombra do gnômon durante o ano:

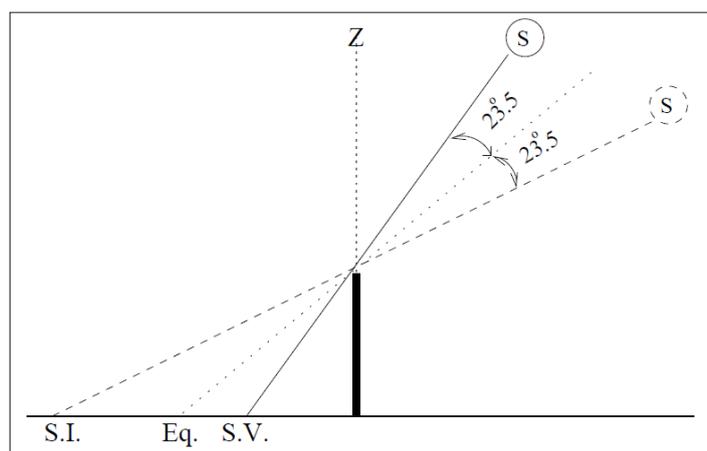


Figura 27 – As diferentes posições da sombra de um gnômon.¹¹
 Fonte: Oliveira Filho; Saraiva (2014).

Ressaltamos que o dia é o tempo gasto no movimento de rotação terrestre. Além disso, o ano pode ser explicado como sendo o tempo em que o Sol volta a aparecer na mesma posição no horizonte, que é o período de translação terrestre. Podemos iniciar, a partir desta conceituação, a explicação sobre as estações do ano. Sendo assim, propomos o vídeo *Telecurso – Ensino Fundamental – Ciências – Aula 17, Telecurso-Estações do ano* (2016). Neste vídeo de 12:06 minutos são apresentadas as causas das estações do ano, assim como a diferença entre os dias e as noites em cada estação.

Após este vídeo e os comentários sobre o mesmo, explicamos, com o uso do globo terrestre, que a inclinação terrestre em sua órbita e o movimento de translação ao redor do Sol ocasionam as estações do ano. A duração dos dias e das noites também é explicada, assim como os fusos horários e o horário de verão.

Para finalizar, simulamos o movimento aparente do Sol no horizonte fazendo o rastro do Sol no Astro 3D. Assim, os alunos podem observar o período do ano das estações e concluir que os solstícios acontecem no máximo afastamento do Sol em relação aos pontos cardeais leste ou oeste. Também comentamos que nos equinócios o Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste.

Além disso, mostramos as diferentes durações dos dias e das noites durante o ano e o horário de verão. Também explicamos o movimento da Terra no referencial heliocêntrico durante o ciclo das estações, mostrando as diferenças entre os

¹¹ Na figura 27 estão sendo indicadas as diferentes posições da extremidade da sombra de um gnômon, ao meio-dia, no solstício de inverno (S.I.), nos equinócios (Eq.) e no solstício de verão (S.V.), em localidades diferentes dos trópicos.

movimentos nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico do nosso planeta em cada estação do ano.

Utilizando diversas coordenadas geográficas no Astro 3D, mostramos que as estações do ano são mais acentuadas quando distanciamos do equador terrestre, assim como os dias e as noites também possuem maior diferença de duração quando estamos mais afastados do equador. O Sol da meia-noite também pode ser explicado, assim como a duração dos dias e das noites para diferentes localidades do globo.

A.5.4 Tema 4: O movimento da Lua durante o mês, fases da Lua e eclipses

Objetivos: Entender que as posições relativas entre a Lua, a Terra e o Sol ocasionam diferentes aspectos da Lua, vista da Terra, de maneira cíclica em um período chamado de lunação. Aprender sobre os conceitos de mês e semana através dos fenômenos astronômicos relacionados. Compreender a causa dos eclipses solar e lunar. Conhecer a explicação correta sobre o lado oculto da Lua.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como o globo terrestre e vídeos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula questionando os alunos sobre a causa das fases da Lua, dos eclipses, da face oculta da Lua e sobre a duração do mês e da semana. Após os diálogos sobre estes fenômenos, explicamos a ocorrência de cada fenômeno apresentado, relacionando-os com os calendários solar e lunar. Também ensinamos sobre o movimento aparente que vemos da Lua em cada fase e mostramos aos alunos o movimento da Lua, da Terra e do Sol no referencial heliocêntrico em cada fase lunar através do Astro 3D. Ao finalizar esta demonstração, explicamos sobre os tipos de eclipses e suas causas, com o Astro 3D e com recursos auxiliares.

Também apresentamos um vídeo que exemplifica estes fenômenos e depois explicamos sobre o lado oculto, ou face oculta, da Lua. Para finalizar, utilizamos o Astro 3D com diversas coordenadas geográficas para a explicação de cada fenômeno astronômico apresentado neste tema.

Avaliação: Os alunos podem ser avaliados através da avaliação diagnóstica da participação em aula e pelos debates e explicações sobre os fenômenos apresentados neste tema.

Detalhamento das aulas:

Problematização inicial

O tema é iniciado com questionamentos sobre a ocorrência do mês, das fases da Lua, dos eclipses e do lado oculto da Lua. Através do debate e questionamentos, observamos as concepções dos alunos sobre o tema abordado para nortearmos as atividades que serão apresentadas durante a aula e durante a aplicação do conhecimento, ao final da sequência didática.

Organização do conhecimento

Explicamos que o homem começou a perceber que o tempo para que uma fase da Lua volte a aparecer é de, aproximadamente, 29,5 dias. Chamamos este período de luação ou período sinódico da Lua e é o conceito de mês que usamos atualmente. Precisamos ressaltar que não existem apenas quatro fases lunares, as fases da Lua são definidas por porcentagem de iluminação da face voltada para a Terra ou por dia do ciclo lunar.

Alguns calendários são lunares, como o calendário dos árabes, que pode ser explicado. O nosso calendário é solar e foi influenciado pelo calendário lunar, por isso temos 12 meses, que correspondem a 12 períodos sinódicos.

Quando a sombra da Terra é projetada na Lua, temos o eclipse lunar. Por isto, a explicação de que as fases da Lua se devem à sombra terrestre na Lua é falsa. Além disso, a Lua não possui luz própria e reflete a luz solar que é incidente em sua superfície. As fases da Lua mudam a cada dia, aproximadamente, por isto temos a semana. Aproveitando este conceito, podemos explicar sobre a origem do nome dos dias da semana, que são homenagens aos sete astros vistos no céu a olho nu.

Após esta parte conceitual, simulamos a ocorrência das fases da Lua através do globo terrestre mostrando o ciclo das fases da Lua e as posições relativas entre o Sol, a Terra e a Lua em cada uma destas fases. Depois, simulamos as fases da Lua com o Astro 3D.

Em seguida, perguntamos aos alunos sobre o lado oculto da Lua, instigando-os a pensarem sobre a causa deste fenômeno. Após o diálogo com os alunos, fazemos a explicação sobre o lado oculto dizendo que a Lua possui seu movimento de rotação no mesmo sentido do movimento de rotação terrestre e que este

movimento de rotação lunar é sincronizado com o seu movimento de translação ao redor da Terra. Por isto, sempre vemos a mesma face da Lua.

Explicamos que as forças de maré exercidas pela Terra e o equilíbrio dinâmico evolutivo teriam diminuído a velocidade de rotação da Lua e, em consequência, provocado um maior afastamento entre os dois astros. Hoje a Lua afasta da Terra com uma taxa de, aproximadamente, 4 cm por ano. Em seguida, apresentamos o vídeo *Astronomia para a Docência – XI – A face oculta da Lua*, Astronomia-Face oculta da Lua (2016). Este vídeo de 4:05 minutos apresenta um experimento prático que explica sobre o lado oculto, ou face oculta, da Lua.

Na sequência, perguntamos aos alunos sobre a ocorrência dos eclipses e se eles sabiam a diferença entre os eclipses solar e lunar. Depois disto, explicamos que o eclipse é a sombra que um astro projeta em outro astro e que eclipsar, em Astronomia, é encobrir ou esconder a luz de um astro. Depois utilizamos o globo terrestre para explicar a posição relativa entre o Sol, a Terra e a Lua na fase de lua nova, mostrando que, quando estes três astros estão alinhados nesta fase, temos o eclipse solar. O eclipse lunar ocorre com o alinhamento destes astros na fase de lua cheia. Além disso, explicamos sobre os eclipses total, parcial e anular.

No Astro 3D, simulamos o eclipse solar que ocorreu no dia 29 de maio de 1919, visto na cidade de Sobral, que contribuiu para os estudos sobre a teoria da relatividade geral de Albert Einstein, mesmo que não seja totalmente correto que a comprovação desta teoria foi feita nesse eclipse, Soares (2006). Após esta simulação, explicamos brevemente sobre esta teoria de Albert Einstein para os alunos. Para a simulação do eclipse lunar, simulamos o eclipse ocorrido no dia 27 de setembro de 2015.

Ao final das aulas, percebemos que este tema permite aos alunos aprender sobre as verdadeiras causas dos principais fenômenos astronômicos relacionados com a Lua e nos permite a análise das concepções alternativas que os alunos possuem a respeito destes fenômenos.

A.5.5 Tema 5: Os movimentos dos planetas e suas características

Objetivos: Perceber a diferença entre estrela e planeta para um observador na superfície terrestre. Entender a explicação correta para as fases de Vênus. Diferenciar o sistema geocêntrico do sistema heliocêntrico. Compreender o movimento retrógrado

de Marte e sua importância para a comprovação do modelo heliocêntrico e das leis de Kepler.

Recursos utilizados: Simulações com o Astro 3D e demais recursos, como vídeos e imagens.

Tempo estimado: Duas aulas de cinquenta minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula perguntando aos alunos se já perceberam que alguns pontos no céu se movimentam, quando observados por várias horas ou dias. Depois perguntamos sobre a diferença entre planeta e estrela e também se já ouviram falar sobre o movimento retrógrado de Marte e sobre as fases de Vênus. Após as respostas dos alunos, explicamos a diferença entre planeta e estrela e sobre os mitos relacionados aos planetas e seus movimentos no céu.

Depois são estudadas as fases de Vênus, diferenciamos o sistema geocêntrico do sistema heliocêntrico e explicamos o movimento de Marte nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico, dando destaque ao movimento retrógrado deste planeta, ressaltando que a observação deste movimento ajudou na compreensão do sistema heliocêntrico e das leis de Kepler. Após a parte teórica, simulamos os conceitos apresentados no Astro 3D através de exemplos em várias coordenadas geográficas e apresentamos um vídeo sobre a causa do movimento retrógrado de Marte.

Avaliação: Através da avaliação diagnóstica pela participação dos alunos nos questionamentos e demais momentos das aulas deste tema.

Detalhamento das aulas:

Problematização inicial

Começamos a aula através de perguntas a respeito da diferença entre as estrelas e os planetas, sobre o movimento retrógrado de Marte, fases de Vênus e sobre os sistemas geocêntrico e heliocêntrico.

Organização do conhecimento

Após o debate inicial, fazemos a conceituação de planeta e comentamos que existiram vários mitos para explicar o movimento dos planetas, originando os nomes que conhecemos e a homenagem ao Sol, à Lua e aos cinco planetas visíveis a olho nu, através dos nomes dos dias da semana.

Na sequência, explicamos sobre o sistema geocêntrico e o motivo pelo qual este sistema não é mais aceito para explicar os movimentos planetários. Também mostramos que o sistema heliocêntrico consegue explicar os movimentos dos planetas em torno do Sol e não da Terra como se pensava antes.

Para que os alunos aprendam corretamente sobre o conteúdo proposto, apresentamos o vídeo *Heliocentrismo – ABC da Astronomia – TV Escola*, TV Escola-Heliocentrismo (2016). Neste vídeo de 4:12 minutos, é apresentado o sistema geocêntrico e a sua história. Depois é mostrado o sistema heliocêntrico, com os defensores deste sistema. Ao final do vídeo, apresentamos os movimentos nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico dos planetas para os dois sistemas e ressaltamos que o Heliocentrismo consegue explicar, com mais facilidade e exatidão, estes movimentos planetários.

Estudamos sobre os planetas inferiores, com Mercúrio, através dos mitos relacionados a ele e dos seus movimentos nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico. No Astro 3D simulamos os movimentos de Mercúrio. Em seguida, apresentamos o planeta Vênus e, do mesmo modo, os mitos relacionados a este planeta são estudados e seus movimentos nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico são simulados no Astro 3D, dando destaque às fases de Vênus. Por último, estudamos sobre Marte, como exemplo de planeta superior. Apresentamos os principais mitos relacionados ao planeta vermelho e simulamos, no Astro 3D, os movimentos de Marte nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico, com destaque ao movimento retrógrado de Marte, ressaltando que este movimento retrógrado é apenas aparente, sendo o resultado da posição relativa entre o planeta, a Terra e o Sol.

Ao final da aula, explicamos aos alunos que os conhecimentos adquiridos pelo homem, iniciando com a observação do movimento aparente do Sol e da Lua e depois dos planetas, resultou no estudo sobre a maneira pela qual os planetas giram ao redor da Terra através do Geocentrismo, e depois, ao redor do Sol através do Heliocentrismo. Estas descobertas foram responsáveis por diversas teorias e hoje o estudo da Astronomia vai além do sistema solar. Dentre as áreas de estudo da Astronomia, podemos citar que a Cosmologia estuda a origem do Universo e dos diferentes modelos de Universo apresentados durante a história da humanidade. Outras áreas da Astronomia, como a Astrobiologia, Astrofísica e Astronáutica também utilizam todo este conhecimento que foi ensinado durante estas aulas da sequência

didática e que são indispensáveis para a nossa compreensão do local onde vivemos.

A.6 Exemplos e simulações com o Astro 3D

Durante as aulas desta sequência didática são apresentados exemplos e simulações sobre os fenômenos astronômicos estudados com o Astro 3D. Estas aplicações do Astro 3D são apresentadas nas próximas seções:

A.6.1 Esfera celeste e o movimento diurno dos astros

Ao observarmos o céu percebemos que estamos dentro de uma imensa esfera. Isto foi observado pelos antigos gregos, que introduziram a ideia de esfera celeste. Esta esfera imaginária circunda o nosso planeta e possui um eixo imaginário, que é o prolongamento do eixo de rotação terrestre. A esfera (abóbada) celeste, é geocêntrica, dando a impressão de que os astros giram ao redor da Terra. Com o passar das horas, os astros se movem de leste para oeste. Porém, este movimento é o movimento de rotação terrestre de oeste para leste que chamamos de movimento diurno dos astros. Embora a esfera celeste possua um caráter geocêntrico, durante muitos séculos, é usada como ótimo recurso didático para entendermos o movimento dos astros.

O prolongamento dos polos e do equador terrestre, nesta esfera, origina os polos celestes e o equador celeste. O ponto imaginário acima do observador é o zênite. Quando o Sol, ou outro astro, está a pino, é porque está localizado no zênite do lugar. Dependendo de nossa localização no globo terrestre, vemos o movimento diurno dos astros em inclinações diferentes. Na Figura 28, apresentamos a esfera celeste:

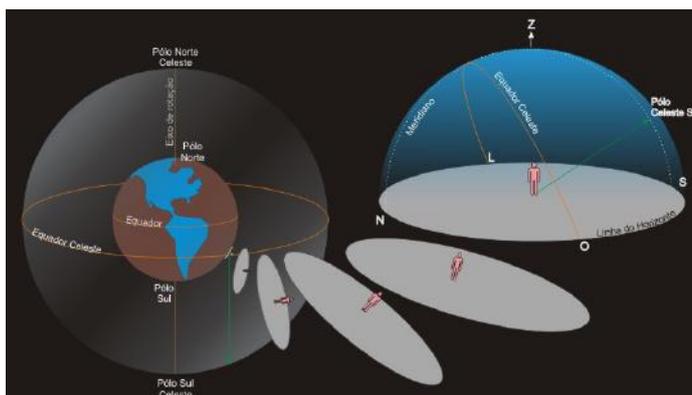


Figura 28 – A esfera celeste de acordo com as posições de um observador¹².

Fonte: Oliveira Filho; Saraiva (2014).

Vemos a parte da esfera celeste que é vista por um observador na superfície terrestre. Percebemos que o observador enxerga o Polo Celeste Sul bem próximo ao horizonte e não consegue ver o Polo Celeste Norte. Além disso, o movimento diurno dos astros obedece a inclinação do Equador Celeste. Abaixo são mostradas as inclinações do movimento diurno dos astros para várias latitudes:

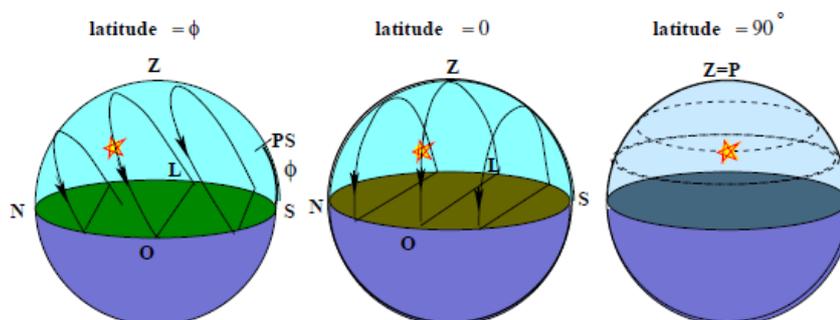


Figura 29 - O movimento diurno dos astros para diferentes latitudes.

Fonte: Oliveira Filho; Saraiva (2014).

Para demonstrar estes conceitos, iniciamos o Astro 3D e inserimos as coordenadas do Polo Norte, que são 90° de latitude norte e qualquer longitude. Também inserimos a constelação da Ursa Menor, o Sol e a Lua. Utilizamos uma data e observamos o movimento diurno destes astros para esta latitude:

¹² Na figura 28, percebemos que o horizonte limita a parte da esfera celeste que o observador pode visualizar, na qual o ponto mais alto é o zênite (Z). A direção do polo celeste (linha verde, na figura) faz um ângulo com a direção do zênite que depende da latitude do local de observação.



Figura 30 - Movimento diurno dos astros no Polo Norte.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Na Figura 30, vemos que os astros se movem, aparentemente, de oeste para leste. Além disso, o Sol, astro amarelo, e a Lua, astro branco, estão se movendo praticamente paralelos à linha do horizonte. Também percebemos que a Estrela Polar se encontra exatamente no Polo Norte Celeste e a constelação da Ursa Menor está “girando” ao redor deste polo. Observamos que o Sol não se põe nesta época, para esta região, ocorrendo o chamado Sol da meia-noite.

Continuando a simulação, podemos utilizar as coordenadas do Trópico de Câncer, reforçando o conceito de coordenadas geográficas e mostrando aos alunos a inclinação do movimento diurno dos astros para esta latitude, como mostrado na Figura 31:



Figura 31 - Movimento diurno dos astros no Trópico de Câncer.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Nesta simulação, percebemos que a Ursa Menor não se encontra no Zênite e os astros estão se movendo obliquamente no céu. Isto se deve à latitude do local.

Também vemos que a Ursa Menor gira em torno do Polo Norte Celeste. Podemos utilizar um globo terrestre e mostrar que a inclinação é causada pela latitude do observador. Continuando, podemos analisar este movimento para o equador terrestre, como é mostrado na Figura 32:



Figura 32 – O movimento diurno dos astros no Equador.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

No equador terrestre, a inclinação dos astros é praticamente perpendicular ao horizonte. Também percebemos que a Estrela Polar se encontra no ponto cardeal norte, ou seja, o Polo Celeste Norte é visto no ponto cardeal norte. Esta simulação mostra que a esfera celeste é vista perpendicular ao equador terrestre. Na sequência, utilizamos as coordenadas do Trópico de Capricórnio.

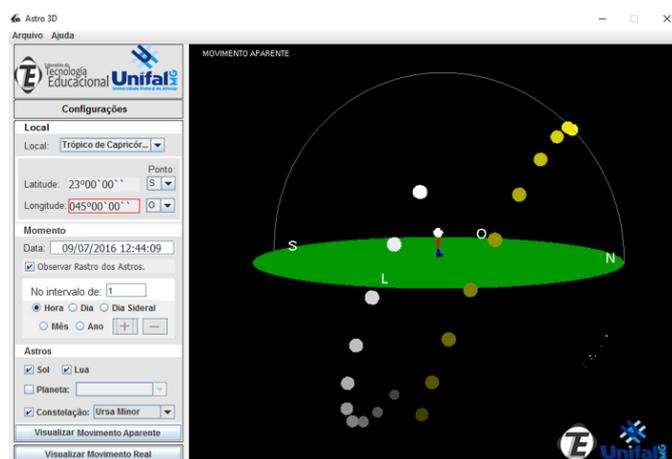


Figura 33 – O Movimento diurno dos astros no Trópico de Capricórnio.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D.

Ao observarmos a figura 33, vemos que o movimento diurno dos astros para o Trópico de Capricórnio possui inclinação oposta deste movimento para o Trópico de Câncer. Também observamos que a Estrela Polar está abaixo do horizonte,

mostrando que não podemos ver a Ursa Menor desta latitude.

Finalizando a simulação, utilizamos as coordenadas do Polo Sul, que são 90° de latitude sul e qualquer longitude, como é mostrado na Figura 34:

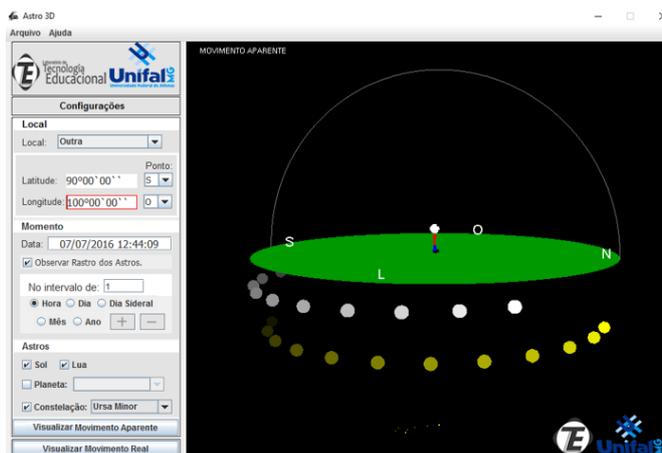


Figura 34 – O movimento diurno dos astros no Polo Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Quando estudamos o movimento diurno dos astros para o Polo Sul, percebemos que a Estrela Polar se encontra abaixo do observador, mostrando que o Polo Norte está oposto ao Polo Sul e a esfera celeste está invertida para esta latitude. Também percebemos que os astros observados não aparecem no céu nesta data.

Deste modo, ensinamos o movimento aparente da esfera celeste nas latitudes observadas e percebemos que o movimento diurno dos astros é diferente para cada latitude terrestre. Além disso, precisamos mostrar o movimento destes astros no referencial heliocêntrico durante todas as simulações, explicando que este movimento confirma que a Terra não é estática e gira ao redor do Sol. A Figura 35 mostra este movimento no referencial heliocêntrico:

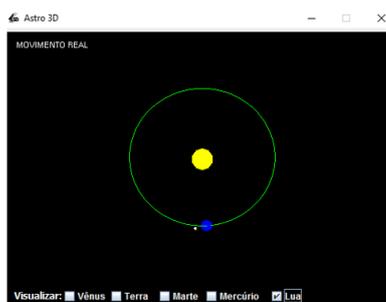


Figura 35 – Movimento diurno dos astros
no referencial heliocêntrico
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Na Figura 35 vemos o Sol, a Terra e a Lua no referencial heliocêntrico. É necessário utilizarmos várias coordenadas geográficas, como as coordenadas da cidade onde está sendo aplicada esta sequência didática, para reforçarmos os conceitos apresentados sobre a esfera celeste e o movimento diurno dos astros.

A.6.2 Eclíptica, faixa do Zodíaco e constelações zodiacais

Ao analisar o movimento diurno dos astros, observamos que o Sol percorre um caminho aparente no céu. Este caminho se chama eclíptica, pois os eclipses ocorrem quando a Lua se encontra nesta região. A faixa de 18° que possui a eclíptica em seu centro se chama Zodíaco, que significa caminho dos animais. Nesta faixa, a Lua, os planetas, o Sol e as constelações zodiacais realizam seus movimentos no referencial topocêntrico. São mais conhecidas doze constelações do Zodíaco, porém existe a décima terceira que é o Ofiúco ou Serpentário.

No Astro 3D, podemos selecionar uma localidade, data específica, constelações zodiacais, planetas, Lua e o Sol e fazer o rastro dos astros no intervalo de hora em hora. É possível observarmos que, além do Sol, os planetas, as constelações zodiacais e a Lua também realizam os seus movimentos aparentes no céu na faixa do Zodíaco. Além disso, percebemos que a eclíptica encontra-se centrada nesta faixa, como é mostrado na Figura 36:

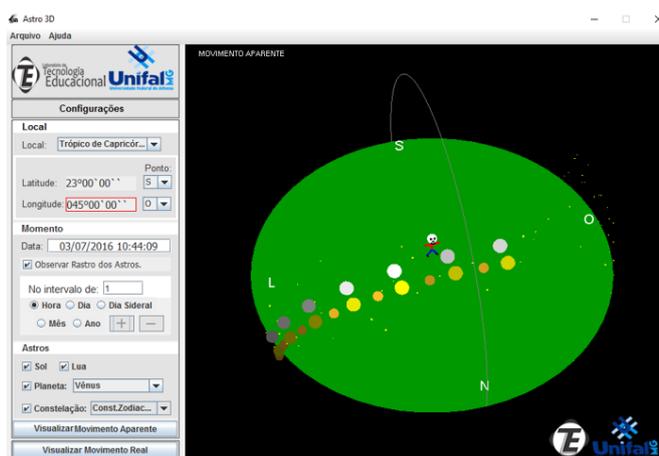


Figura 36 - As constelações zodiacais, a faixa do Zodíaco e a eclíptica.

Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Também podem ser analisados os movimentos de cada constelação do Zodíaco. Na Figura 36, estudamos o Sol, a Lua e o planeta Vênus que estão com as

cores amarelo, branco e laranja, respectivamente. A órbita de Vênus está muito próxima da eclíptica e, por isto, acompanha o caminho aparente do Sol no céu.

Sendo assim, é importante deixar claro que este movimento é apenas aparente e que o movimento destes astros obedece ao movimento no referencial heliocêntrico. Na Figura 37, é mostrado o movimento da Terra, da Lua e de Vênus no referencial heliocêntrico, nas cores azul, branco e laranja, respectivamente.

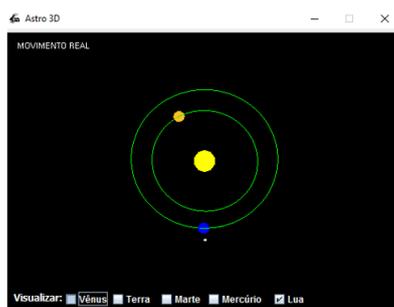


Figura 37 – Movimento do Sol, Terra, Lua e Vênus no referencial heliocêntrico.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

A.6.3 As estações do ano, solstícios e equinócios

Ao observar o movimento do Sol durante o dia, no referencial topocêntrico, percebemos que ele nasce no Leste e se põe no Oeste. Entretanto, durante o ano, ao observar o local no horizonte onde o Sol nasce ou se põe vemos que esta posição muda. Vamos analisar esta situação com o Astro 3D, para uma localidade específica fazendo o rastro do Sol em dias. A Figura 38 apresenta o nosso exemplo:



Figura 38 – Simulação do solstício de verão do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do software Astro 3D¹³.

¹³ Nas figuras que possuem as duas telas do Astro 3D, a tela da esquerda se refere ao movimento dos astros no referencial topocêntrico e a tela da direita se refere ao movimento dos astros no referencial heliocêntrico.

Inserimos as coordenadas geográficas da cidade de Alfenas – MG, para o dia 22/12/2015. Na tela de movimento no referencial topocêntrico vemos que o movimento diurno do Sol possui máxima inclinação para o Sul, nascendo entre o Leste e o Sul e se pondo entre o Oeste e o Sul. Este é o dia do solstício de verão no Hemisfério Sul e é o dia mais longo do ano para este hemisfério. Pelo horário no software, percebemos que às 18:00 ainda não ocorreu o ocaso do Sol. Podemos fazer o rastro do Sol e contar, com os alunos, a quantidade de horas deste dia. Além disso, esta é a noite mais curta do ano para este hemisfério.

Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, vemos a Terra em seu movimento de translação ao redor do Sol. Precisamos explicar que a Terra possui uma inclinação em sua órbita e, neste dia, a incidência de raios solares é máxima em nosso hemisfério e mínima no Hemisfério Norte. Portanto, este é o dia do solstício de inverno do Hemisfério Norte, sendo o dia mais curto do ano e a noite mais longa do ano para este hemisfério.

Muitas pessoas acreditam que as estações do ano ocorrem por causa da distância da Terra ao Sol. Na tela de movimento no referencial heliocêntrico vemos a excentricidade da órbita terrestre, mostrando que a distância da Terra ao Sol durante o ano não varia consideravelmente e que a causa das estações do ano é a diferente inclinação terrestre em sua órbita no seu movimento de translação.

Dando continuidade, fazemos o rastro do Sol em dias até chegar ao dia 20 de março de 2016, como é mostrado na Figura 39:



Figura 39 – Simulação do equinócio de outono do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Neste dia o Sol nasce no ponto cardeal leste e se põe no ponto cardeal oeste,

também vemos que a duração dos dias foi diminuindo até que a duração do dia e da noite fosse a mesma nesta data, por isto temos o equinócio, que significa noites iguais. Pelo horário no software, percebemos que o ocaso do Sol foi às 18:00, mais cedo do que o ocaso do Sol no solstício de verão, que foi analisado anteriormente. Este é o equinócio de outono porque a incidência de raios solares em nosso hemisfério está diminuindo.

Ao observar o movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra percorreu um quarto de sua órbita. Com o globo terrestre, vemos que a inclinação terrestre em sua órbita fez com que os raios solares atingissem de maneira praticamente uniforme os dois hemisférios. Por isto, os dias e as noites possuem a mesma duração nesta data. Na sequência, fazemos o rastro do Sol até o dia 20 de junho de 2016.



Figura 40 – Simulação do solstício de inverno do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Na Figura 40, na tela de movimento no referencial topocêntrico, percebemos que o Sol possui máximo afastamento para o Norte e que este é o dia mais curto do ano. Se observarmos o horário, percebemos que o ocaso do Sol é próximo das 17:00. Podemos contar com os alunos a quantidade de horas deste dia, provando que este é o dia mais curto do ano. Para o Hemisfério Norte, este é o solstício de verão, dia mais longo do ano.

Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, a Terra completou mais um quarto de sua órbita. Também podemos explicar aos alunos que, no solstício de verão tínhamos dias longos e noites curtas, devido à inclinação terrestre em sua órbita, esta diferença foi diminuindo até que os dias e as noites tivessem a mesma duração no

equinócio de outono e agora os dias são mais curtos. Dando continuidade à simulação, chegamos ao equinócio de primavera:



Figura 41 – Simulação do equinócio de primavera do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Na tela de movimento no referencial topocêntrico percebemos que o Sol voltou para a posição de equinócio, ou seja, o Sol nascendo no ponto cardinal leste e se pondo no ponto cardinal oeste. Também observamos que a duração dos dias foi aumentando até que a duração dos dias e das noites fosse a mesma nesta data. No horário do software, vemos que o ocaso do Sol foi às 18:00, lembrando que o ocaso do Sol no solstício de inverno foi próximo às 17:00. Podemos contar com os alunos a quantidade de horas deste dia e percebermos que temos doze horas de duração do dia e doze horas de duração da noite.

No movimento no referencial heliocêntrico, a Terra inicia o último quarto de seu movimento de translação. Além disso, observamos que a incidência de raios solares no nosso hemisfério está aumentando, por isto os dias estão ficando mais longos. No Hemisfério Norte, esta data corresponde ao equinócio de outono, com dias e noites iguais. A última simulação é mostrada na Figura 42:



Figura 42 - Simulação do solstício de verão do Hemisfério Sul.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Para finalizar a observação, encerramos o ciclo das estações no dia 21/12/2016 que é o dia do solstício de verão para o Hemisfério Sul. Percebemos que os dias foram ficando mais longos e, nesta data, temos o dia mais longo do ano. Ao observar o horário no software, percebemos que o ocaso do Sol será após as 18:00. Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra completou o ciclo das estações.

Nesta simulação apresentamos a causa das estações do ano, dos solstícios e dos equinócios. Além disso, explicamos a duração dos dias e das noites durante o ano. É necessário que seja mostrado aos alunos que a intensidade das estações do ano é diferente, dependendo da latitude. Quanto mais afastada do equador terrestre estiver a localidade, mais intensa é a estação do ano. Por isto, no equador terrestre os dias e as noites são praticamente iguais durante o ano todo e não existe muita diferença entre as estações. Em altas latitudes, as estações do ano são mais intensas. Além disso, em altas latitudes ocorre o fenômeno do Sol da meia-noite, como mostrado quando estudamos o movimento diurno dos astros.

Vale ressaltar que as datas utilizadas na simulação são as datas de início de cada estação para os anos estudados. Caso sejam utilizados outros anos, estas datas de início de cada estação poderão ser alteradas. Também podem ser usadas diferentes coordenadas geográficas, mostrando aos alunos o ciclo das estações em todo o globo.

A.6.4 As fases da Lua e suas características

Para estudar as fases da Lua com o software Astro 3D propomos a simulação do início da lua nova para o Trópico de Capricórnio no dia 13 de setembro de 2015 às 03:42:30, este é o horário real de início desta fase da Lua. Para isto, inserimos os dados apresentados e também a Lua e o Sol no software, fazendo o rastro dos astros de hora em hora, como mostrado na Figura 43:



Figura 43 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua nova.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No movimento no referencial topocêntrico, a Lua está no céu durante o dia e nasce e se põe bem próxima ao Sol. Esta proximidade com o Sol pode ser explicada mostrando aos alunos que no referencial heliocêntrico estes três astros estão quase alinhados e por isto, vista da Terra, a Lua se encontra próxima ao Sol. É preciso observar que este alinhamento é apenas aparente, pois a Lua e a Terra possuem inclinações diferentes em suas órbitas. Continuando a observação no referencial heliocêntrico, percebemos que os raios solares quase não incidem na face da Lua voltada para a Terra, por isto vemos apenas uma pequena parte da Lua. Podemos fazer o rastro dos astros de horas em horas ou de dias em dias mostrando que esta fase da Lua continua até no dia 21 de setembro, como mostrado na Figura 44:



Figura 44 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua crescente.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Este é o início da lua quarto-crescente. Quando fizemos o rastro dos astros até o final da lua nova, percebemos que a Lua começa a se afastar do Sol no referencial topocêntrico. Ao visualizar o movimento no referencial heliocêntrico, notamos que a Lua está se distanciando daquele campo de visão da lua nova, em que, ao olhar para a Lua, tínhamos o Sol ao fundo, por isto no referencial topocêntrico a Lua e o Sol estão se afastando. Também é observado, no referencial topocêntrico, que a lua quarto-crescente nasce por volta do meio-dia e se põe por volta da meia-noite.

Continuando a visualização do movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a iluminação solar na face da Lua voltada para a Terra começa a aumentar. A Figura 44 mostra o início da lua quarto-crescente, ou seja, quando a Lua possui, aproximadamente, 50% de sua superfície iluminada. Dando continuidade ao rastro do Sol e da Lua, chegamos à lua cheia, como é mostrado na Figura 45:



Figura 45 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua cheia.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Novamente precisamos fazer o rastro dos astros e observar que, durante a lua crescente, a Lua e o Sol continuaram a se afastar no referencial topocêntrico. Este afastamento é máximo ao início da lua cheia. Observando o movimento no referencial topocêntrico, vemos que a Lua e o Sol estão opostos no céu. Observando o movimento no referencial heliocêntrico, vemos que a Lua e o Sol estão em posições opostas e isto causa este fenômeno observado no referencial topocêntrico em que o Sol nasce e a Lua se põe ou vice-versa.

Continuando a observação no referencial heliocêntrico, vemos que a iluminação da face da Lua voltada para a Terra foi aumentando durante a fase de lua crescente e quando esta iluminação se torna máxima, temos o início da lua cheia. Continuando o rastro dos astros, a iluminação da face da Lua voltada para a Terra vai diminuindo, até chegar na próxima fase que é mostrada na Figura 46:

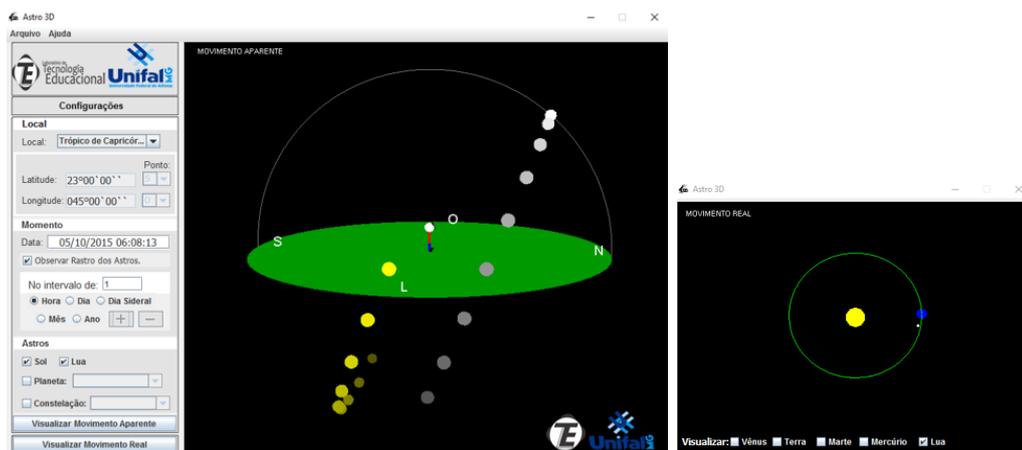


Figura 46 – Simulação dos movimentos da Terra, Sol e Lua na lua minguante.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Durante o rastro dos astros na fase de lua cheia, percebemos que a Lua e o Sol começam a se aproximar no céu, no referencial topocêntrico. Isto é visto na tela do referencial heliocêntrico ao entendermos que o Sol está mais próximo da Lua no nosso campo de visão, pois a Lua estava oposta ao Sol na lua cheia e agora está aproximando do Sol. Também observamos, no referencial topocêntrico, que a lua quarto-minguante nasce por volta da meia-noite e se põe por volta do meio-dia, este período é oposto ao período de nascimento e ocaso da Lua na fase quarto-crescente.

Percebemos ainda, que a iluminação da Lua foi diminuindo até chegar a, aproximadamente, 50% de iluminação que é característica da fase de lua quarto-

minguante. Na Figura 47, apresentamos a última parte da simulação sobre as fases da Lua, mostrando que a iluminação na parte da Lua voltada para a Terra vai diminuindo até termos novamente a fase de lua nova.



Figura 47 – Finalização das simulações sobre as fases da Lua.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Durante o rastro dos astros observamos, no referencial topocêntrico, que a Lua e o Sol voltaram a ficar próximos no céu, isto também é observado no referencial heliocêntrico, pois o Sol está no campo de visão de um observador terrestre que está olhando para a Lua. No referencial heliocêntrico também percebemos que a iluminação na face da Lua voltada para a Terra foi diminuindo até chegar ao dia 12 de outubro, finalizando o ciclo das fases da Lua.

Além disso, com a simulação apresentada, explicamos as quatro fases da Lua, e os movimentos da Lua, da Terra e do Sol nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico. É preciso que sejam apresentadas estas fases da Lua para outras coordenadas geográficas e em outras datas para que os alunos compreendam que estas fases são as mesmas vistas em todo o globo terrestre. Também é preciso deixar claro a diferença entre a observação do movimento destes astros no referencial topocêntrico e no referencial heliocêntrico.

A.6.5 Eclipse solar

O eclipse solar ocorre quando a Lua está alinhada entre a Terra e o Sol e é causado pela sombra da Lua que atinge a Terra. Por isto, ocorre apenas na fase de lua nova. Para fazer a simulação de um eclipse solar, será analisado o eclipse solar

de 29 de maio de 1919, visto na América do Sul e na África que foi importante para o estudo da teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Duas expedições viram o eclipse, uma delas na ilha de São Tomé e Príncipe e a outra em Sobral no Ceará. Será estudado este eclipse solar para Sobral, como mostrado na Figura 48:

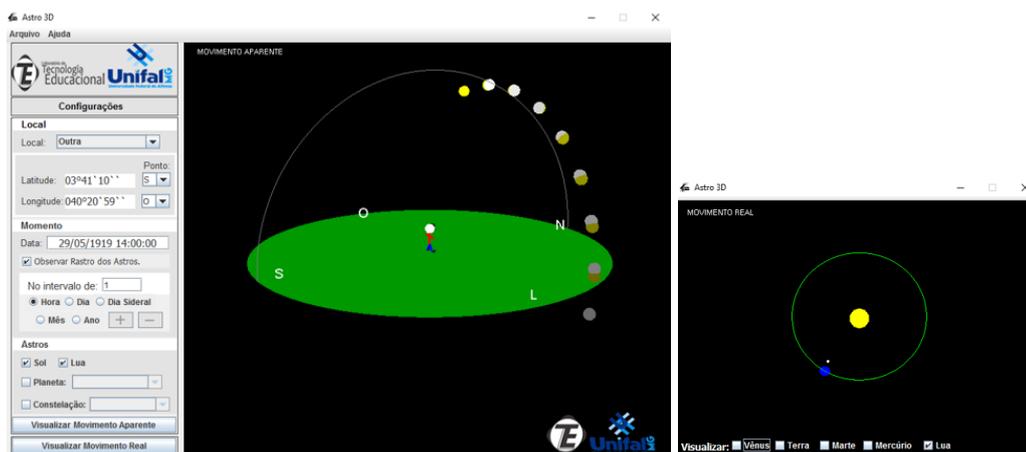


Figura 48 - Simulação do eclipse solar de Sobral-CE em 1919.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, vemos que a Lua foi se aproximando do Sol desde o nascimento dos dois astros no horizonte até encobri-lo totalmente e depois começar a se afastar do Sol. Também observamos que esta máxima aproximação aparente dos dois astros ocorre apenas na lua nova, pois estes astros estão próximos no céu.

No referencial heliocêntrico, observamos que os três astros estão alinhados e que a Lua encobre o Sol, aparentemente, no período observado. Utilizando outras coordenadas, percebemos que o eclipse solar foi observado em uma pequena faixa do nosso planeta. Precisamos ressaltar que não ocorrem eclipses em todas as fases de lua nova por causa da diferente inclinação da Terra e da Lua em suas órbitas, mostrando que no eclipse solar, a Lua se encontra na eclíptica, ou seja, está alinhada com o Sol e com a Terra.

A.6.6 Eclipse lunar

Este eclipse ocorre na fase de lua cheia, quando a Terra está entre o Sol e a Lua. É preciso deixar claro que não ocorrem eclipses em todas as fases de lua cheia, porque a Lua e a Terra possuem inclinações diferentes em suas órbitas e os eclipses só ocorrem quando os três astros estão alinhados.

Para simular o eclipse lunar, vamos analisar o eclipse lunar do dia 27 de setembro de 2015, às 22:00 na cidade de Sobral, Ceará, conforme a Figura 49:

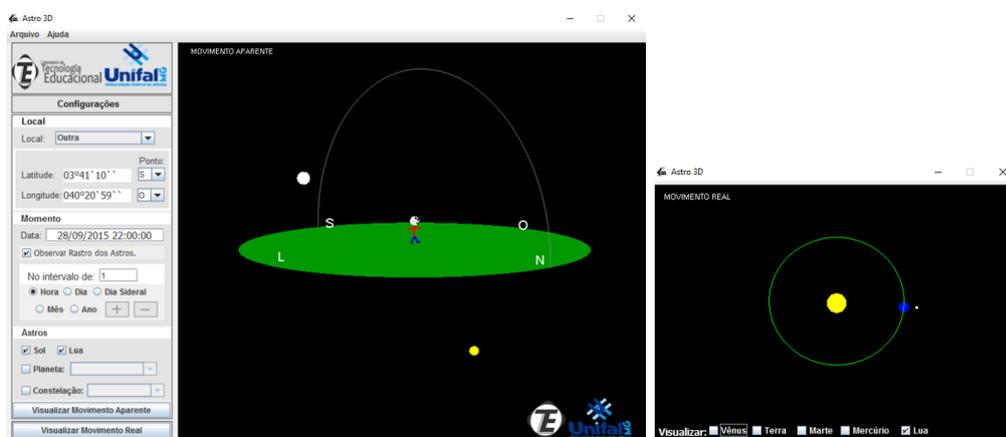


Figura 49 - Simulação do eclipse lunar visto em Sobral-CE em 2015.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Ao observarmos o movimento no referencial topocêntrico, percebemos que o Sol e a Lua estão opostos no céu, este é o movimento relativo dos dois astros na lua cheia. No referencial heliocêntrico também percebemos que estamos na fase de lua cheia, pois a iluminação solar na face da Lua voltada para a Terra é máxima.

Além disso, a Terra faz sombra na Lua causando o eclipse lunar. Vale ressaltar que ocorrem eclipses lunares apenas quando os três astros estão alinhados e não necessariamente quando estão na fase de lua cheia. Podemos alterar as coordenadas geográficas e mostrar que este eclipse ocorre em uma faixa específica do globo.

A.6.7 Os movimentos do planeta Mercúrio

Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol e, por isto, é muito difícil a sua observação no céu, sendo visto pouco depois do pôr do Sol ou antes do amanhecer, dependendo da época de observação. Utilizando o Astro 3D, podemos selecionar o Sol e Mercúrio, além das coordenadas geográficas, data e horário desejados. No nosso exemplo, simulamos o movimento de Mercúrio nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico para o dia 25 de dezembro de 2015, no Trópico de Capricórnio, fazendo um rastro de hora em hora do movimento do Sol e do planeta, como a Figura 50:



Figura 50 - Simulação dos movimentos de Mercúrio.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Na tela de movimento no referencial topocêntrico, percebemos que o Sol e Mercúrio aparecem bem próximos no céu. Podemos alterar as datas ou coordenadas geográficas e perceber que a distância aparente entre o Sol e Mercúrio não varia muito, dificultando a visualização deste planeta durante o dia, pela iluminação solar e durante a noite, por acompanhar o movimento do Sol no referencial topocêntrico, ficando abaixo do horizonte neste período.

No referencial heliocêntrico, percebemos que o Sol está no campo de visão do observador terrestre que visualiza o planeta Mercúrio. Isto explica a proximidade aparente destes dois astros no céu. Observando o movimento de Mercúrio durante os dias no referencial topocêntrico, percebemos que este planeta não possui um rastro determinado no céu, como o Sol ou a Lua. Este rastro no céu é o resultado das posições aparentes entre Mercúrio, Terra e Sol. Na Figura 51, simulamos este movimento, com Mercúrio e o Sol nas coordenadas geográficas que desejamos:

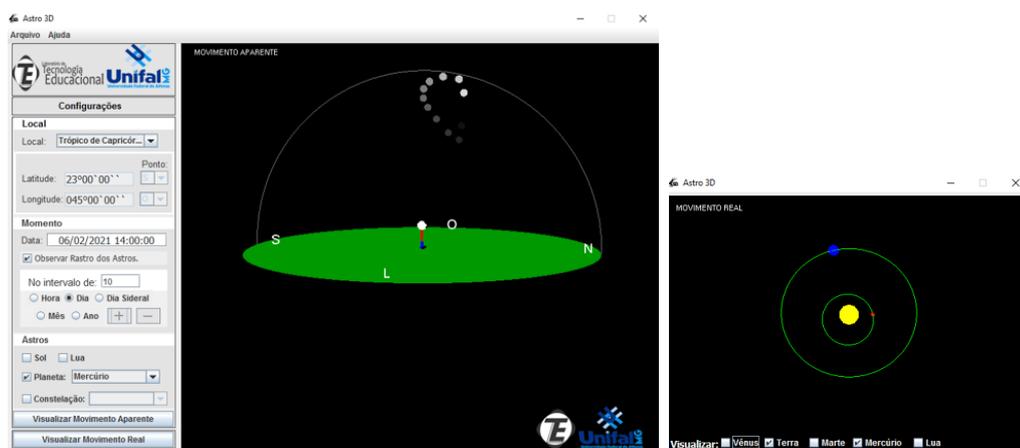


Figura 51 - Continuação da simulação dos movimentos de Mercúrio.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, utilizamos o rastro dos astros de dez em dez dias para facilitar a visualização do movimento deste planeta no céu. Observamos que Mercúrio estava se movimentando para o Sul e depois para o Norte. No referencial heliocêntrico, podemos observar as posições do Sol, da Terra e de Mercúrio durante este trajeto. Continuando a simulação apresentada, percebemos que o planeta altera novamente a direção de seu movimento, como é mostrado na Figura 52:

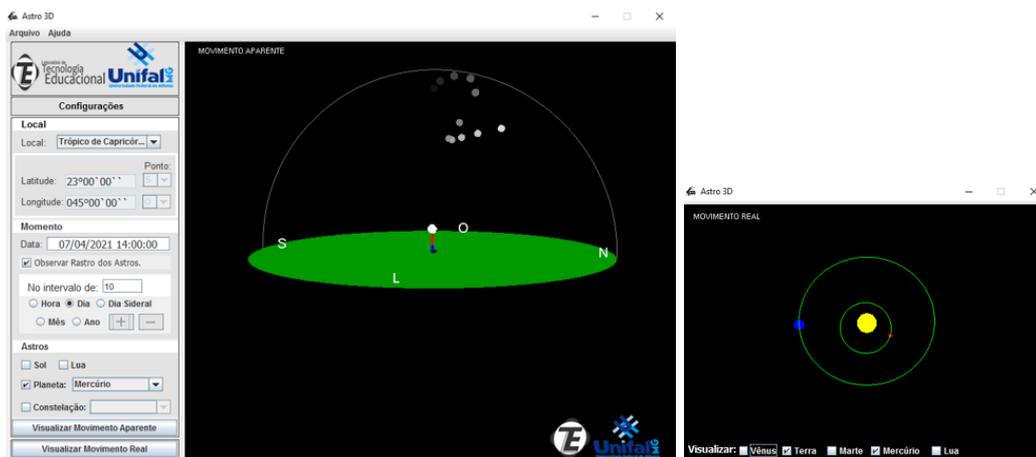


Figura 52 - Finalização da simulação sobre os movimentos de Mercúrio.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Percebemos que o planeta mudou a direção do seu movimento novamente, saindo da direção Sul e indo para a direção Norte. Além disso, precisamos alterar as coordenadas geográficas, datas, horários e intervalos de observação para reforçar estes conceitos, mostrando que este movimento é apenas aparente, por causa das posições relativas entre o planeta, a Terra e o Sol, explicadas através da observação do movimento no referencial heliocêntrico.

A.6.8 Os movimentos do planeta Vênus

Vênus é o planeta mais brilhante do céu. É visto da Terra ao amanhecer ou ao anoitecer, dependendo das posições relativas entre o planeta, a Terra e o Sol. Ele também apresenta o movimento de rotação contrário ao movimento de rotação terrestre. Na Figura 53, utilizamos as coordenadas do Trópico de Capricórnio no dia 15 de março de 2016 para analisarmos os movimentos de Vênus nos referenciais topocêntrico e heliocêntrico.



Figura 53 – Simulação dos movimentos de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Neste exemplo, percebemos que Vênus possui nascimento e ocaso antes do Sol. Neste caso, o planeta é visível no início do dia. Também notamos que, no referencial topocêntrico, o Sol e o planeta estão próximos no céu. No referencial heliocêntrico, percebemos que a órbita de Vênus possui pequena excentricidade. Podemos fazer o rastro dos astros em horas, ou em dias, e observar as posições aparentes de Vênus e do Sol, além do movimento destes dois astros e da Terra no referencial heliocêntrico.

O planeta Vênus não possui um movimento determinado no céu, como o Sol ou a Lua. Seu movimento no referencial topocêntrico varia muito, de acordo com a posição relativa entre Vênus, Terra e Sol. Para observar este movimento, podemos selecionar uma data e fazer o rastro dos astros. Como exemplo, serão utilizadas as coordenadas do Trópico de Capricórnio, para uma data específica, com o intervalo de dez em dez dias, como é mostrado na Figura 54:

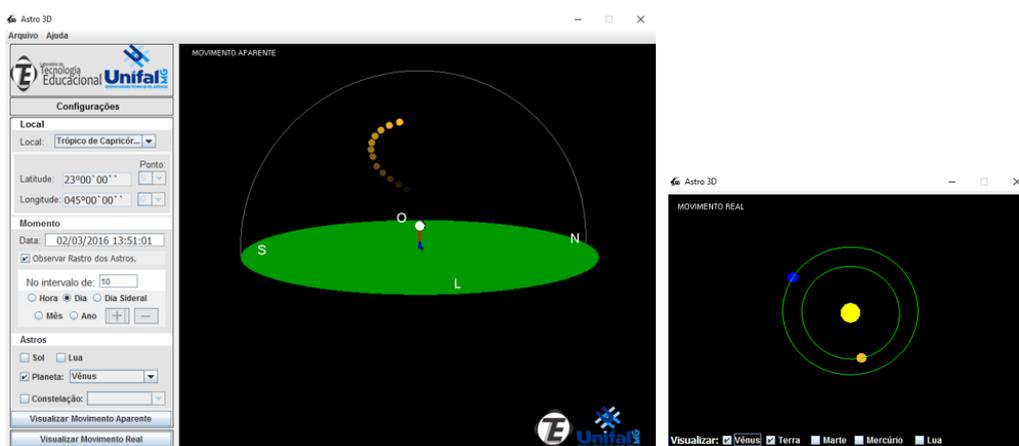


Figura 54 - Continuação da simulação dos movimentos de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Quando fazemos o rastro dos astros de dez em dez dias, percebemos que o planeta estava movimentando, aparentemente, para o Sul e retornou para o Norte. Além disso, Vênus ficou em uma altura maior no céu. Ao analisarmos o movimento no referencial heliocêntrico, observamos as posições aparentes da Terra, do Sol e de Vênus durante este movimento e vemos que o sistema heliocêntrico consegue explicar, com mais facilidade este movimento aparente que observamos de Vênus, mostrando que este movimento é consequência das posições relativas entre a Terra, o planeta e o Sol.

Dando continuidade à simulação, verificamos que o movimento de Vênus muda de posição novamente, como é mostrado na Figura 55:

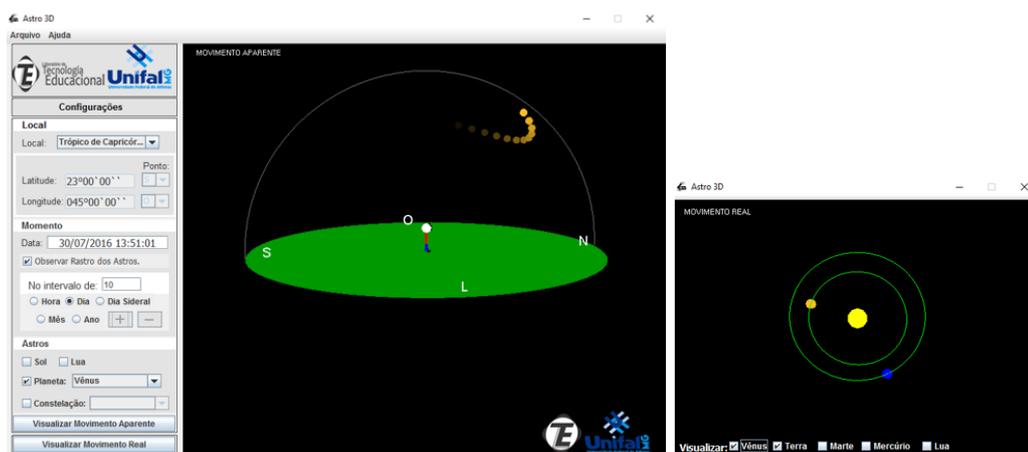


Figura 55 - Finalização da simulação dos movimentos de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Observamos que o planeta Vênus estava se movendo em direção ao Norte e voltou para o Sul. Também percebemos, no referencial heliocêntrico, que as posições do Sol, da Terra e de Vênus mudam na medida que fazemos o rastro dos astros, permitindo analisar a posição relativa entre os três astros e o movimento de Vênus para o referencial topocêntrico. Podemos alterar as coordenadas geográficas, datas e o intervalo de observação do rastro dos astros para reforçar os conceitos estudados nesta simulação.

A.6.9 As fases do planeta Vênus

Esta simulação sobre as fases de Vênus utiliza os mesmos conceitos apresentados para as fases da Lua. É importante ressaltar que não nos preocupamos com a data e o horário do início de cada fase observada. O objetivo desta simulação é mostrar aos alunos que o movimento relativo entre o Sol, a Terra e Vênus ocasiona as fases deste planeta. Sendo assim, inserimos no Astro 3D o Sol e o planeta Vênus. Também são utilizadas as coordenadas do Trópico de Capricórnio, fazendo o movimento dos astros de hora em hora até o dia 01 de agosto de 2015 para estudarmos a fase nova de Vênus, como é mostrado na Figura 56:

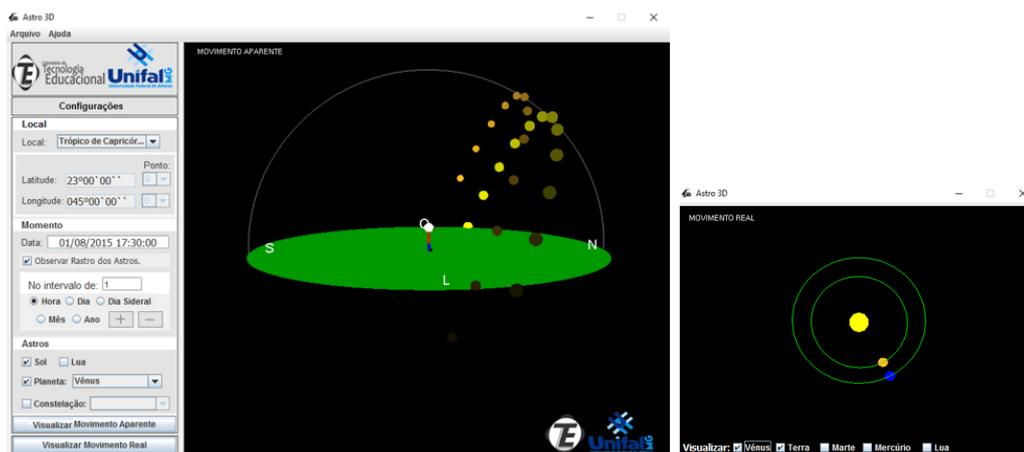


Figura 56 - Simulação da fase nova de Vênus no Astro 3D.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, observamos que o Sol nasce primeiro que Vênus, iluminando todo o céu e impedindo que este planeta seja observado. Porém, o ocaso do Sol ocorre antes do ocaso de Vênus, permitindo que este planeta seja visualizado ao final do dia, em sua fase nova. No referencial heliocêntrico, notamos que esta é a fase de maior aproximação entre a Terra e Vênus e que os raios solares não incidem na parte da superfície de Vênus voltada para a Terra e, por isto, temos a fase nova deste planeta.

Dando continuidade ao rastro dos astros, percebemos que o Sol e Vênus começam a se afastar, no referencial topocêntrico, durante esta fase nova, até chegar à fase crescente, como é mostrado na Figura 57:

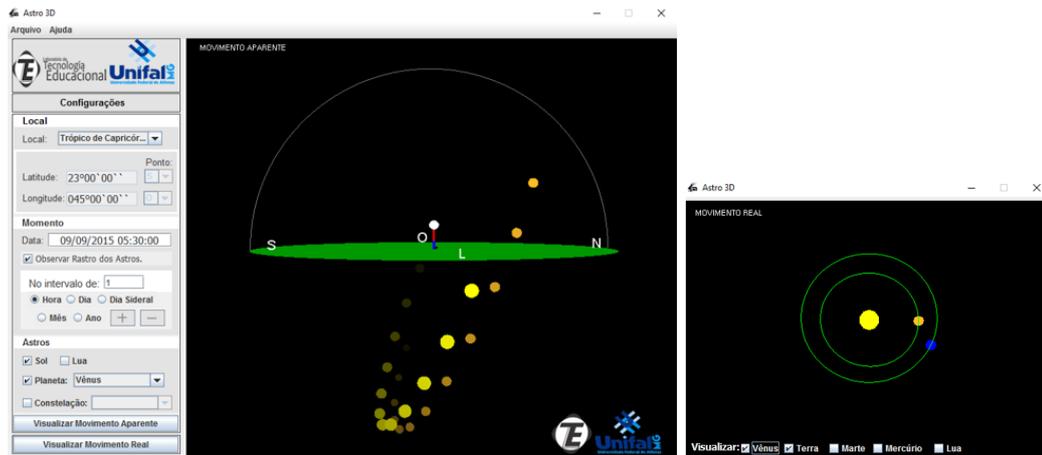


Figura 57 - Simulação da fase crescente de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, observamos que Vênus e o Sol foram se distanciando e Vênus começa a nascer antes do Sol. Portanto, podemos visualizar este planeta na fase crescente ao amanhecer, por isto é conhecido como estrela matutina. No referencial heliocêntrico, observamos que está aumentando a iluminação solar na parte de Vênus voltada para a Terra e isto é característica da fase crescente. Na Figura 58, Vênus e o Sol começam a se aproximar, ocorrendo a fase cheia:



Figura 58 - Simulação da fase cheia de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, percebemos que Vênus está próximo ao Sol, esta proximidade impede a visualização do planeta. Além disso, no referencial heliocêntrico, percebemos que a parte de Vênus vista da Terra está recebendo a máxima iluminação solar, que é característica da fase cheia. Também vemos que a Terra e Vênus estão opostos e o Sol se encontra no campo de visão de um observador terrestre que deseja ver o planeta Vênus, por isto o Sol e Vênus se encontram

próximos aparentemente.

Continuando com o rastro dos astros, percebemos que o Sol e Vênus iniciam o afastamento, no referencial topocêntrico, originando a fase minguante:



Figura 59 - Simulação da fase minguante de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Nesta fase o planeta Vênus possui o ocaso após o ocaso do Sol, porém não pode ser observado devido à iluminação solar. Após alguns dias, quando este afastamento for maior, Vênus será observado ao anoitecer. No referencial heliocêntrico, a iluminação solar da parte visível do planeta vista da Terra, começa a diminuir, sendo característica da fase minguante. Na sequência, o Sol e Vênus ficam mais afastados no céu, ocorrendo novamente a fase nova deste planeta, como é mostrado na Figura 60:



Figura 60 - Final da simulação sobre as fases de Vênus.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

Ao iniciar novamente a fase nova, a iluminação solar se torna mínima na parte de Vênus que é voltada para a Terra. Além disso, percebemos que os dois planetas

ficam próximos novamente e que, no referencial topocêntrico, o Sol nasce antes de Vênus, impossibilitando a visualização deste planeta ao nascer do Sol. Porém, ao anoitecer, podemos observar o planeta Vênus.

Precisamos utilizar outras coordenadas geográficas e datas para explicar estes conceitos. As fases de Vênus são um bom exemplo para entendermos a ocorrência das fases da Lua, por isto, é necessário mostrarmos as diferenças e semelhanças entre as fases de Vênus e as fases da Lua.

A.6.10 O movimento retrógrado de Marte

O movimento retrógrado marciano foi observado por várias civilizações durante a história da humanidade. Este movimento ocorre porque a Terra ultrapassa Marte a cada dois anos no movimento de translação destes astros ao redor do Sol, por causa do menor período de translação terrestre. Desta maneira, o planeta vermelho aparenta estar movendo para trás no céu.

Na simulação a seguir, observamos o trânsito de Marte pela constelação de Escorpião, iniciando no dia 23 de fevereiro de 2016 para um observador que se encontra no Trópico de Câncer, como é mostrado na Figura 61:

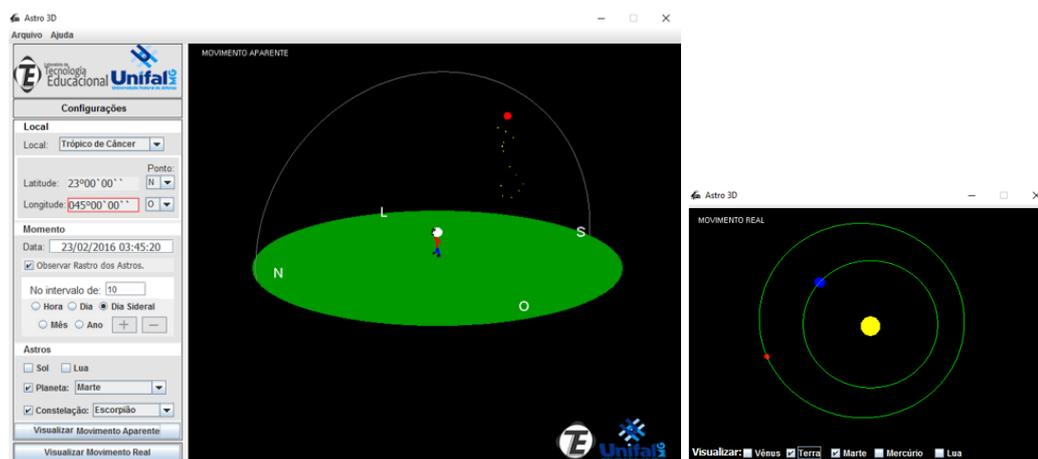


Figura 61 - O trânsito de Marte pela constelação de Escorpião.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial heliocêntrico, observamos que o planeta Marte possui órbita maior que a órbita terrestre, por se tratar de um planeta superior, fazendo com que o ano marciano seja de, aproximadamente, 687 dias terrestres. No referencial topocêntrico, percebemos que Marte está próximo à constelação de Escorpião no céu.

Na Figura 62, fazemos o rastro dos astros no intervalo de dez em dez dias siderais, para facilitar a visualização deste movimento.



Figura 62 - Simulação do movimento retrógrado de Marte.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, percebemos que Marte estava diminuindo sua altitude no céu, em direção ao Norte e depois mudou esta direção para o Sul, aumentando novamente a sua altitude. Também percebemos que o planeta estava deslocando pela constelação de Escorpião e agora está se afastando desta constelação.

No referencial heliocêntrico, observamos que a Terra e o planeta Marte estão se aproximando no céu, causando o efeito mostrado na tela do movimento no referencial topocêntrico. Na Figura 63, a Terra ultrapassa Marte no referencial heliocêntrico:

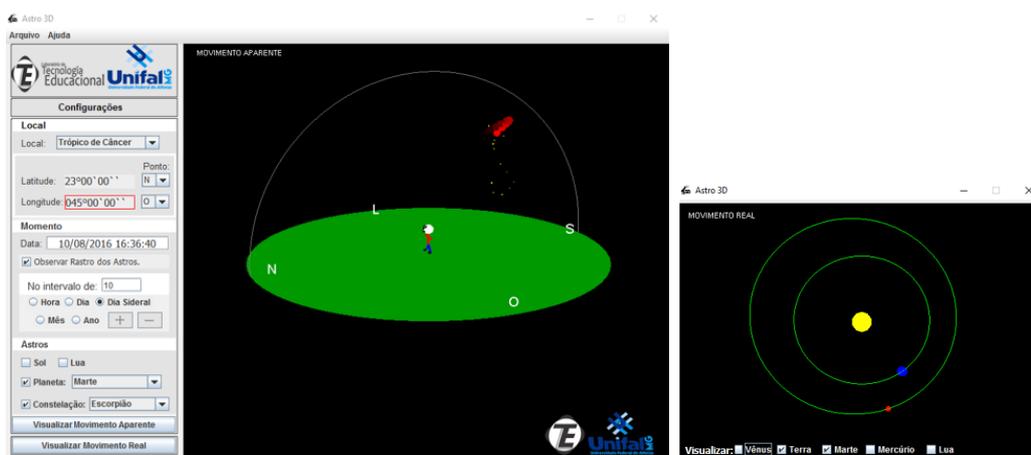


Figura 63 - Continuação da simulação do movimento retrógrado de Marte.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, percebemos que Marte volta a transitar pela

constelação de Escorpião. Percebemos também que o planeta estava subindo no céu e agora está descendo, ou podemos dizer que Marte estava em direção ao Sul e agora está em direção ao Norte. Este movimento para trás é o movimento retrógrado que intrigou os povos antigos e resultou em vários mitos para explicar este fenômeno. Além disso, o movimento retrógrado contribuiu para a explicação das leis de Kepler e do modelo heliocêntrico, sendo muito importante para a história das ciências.

No referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra consegue ultrapassar Marte no movimento em torno do Sol. Esta ultrapassagem ocasionou o movimento aparente visualizado na tela da esquerda da Figura 63. Sendo assim, concluímos que o movimento retrógrado de Marte é o movimento aparente da ultrapassagem da Terra em relação à Marte no movimento de translação destes planetas ao redor do Sol.

Para finalizarmos o estudo sobre o movimento retrógrado de Marte, continuamos a simulação com a Figura 64:

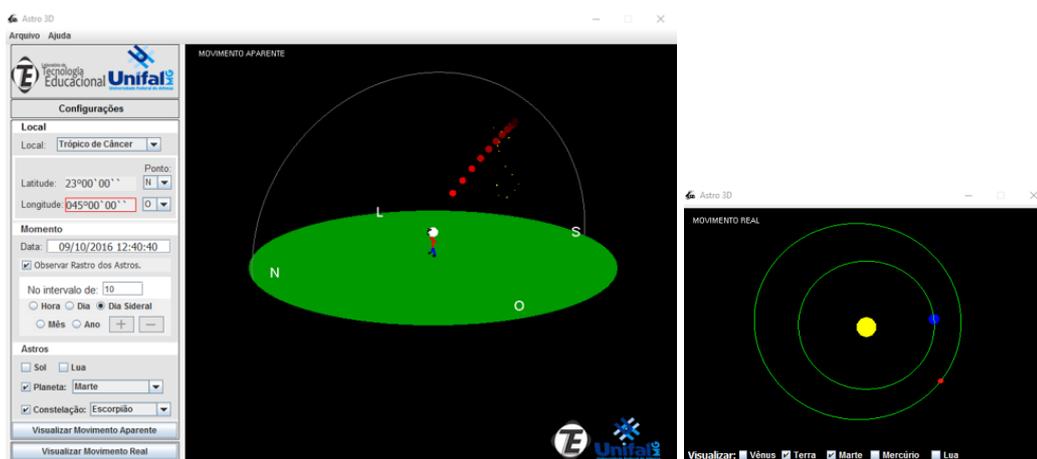


Figura 64 - Finalização da simulação do movimento retrógrado de Marte.
Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

No referencial topocêntrico, percebemos que Marte continua o seu movimento de afastamento em relação à constelação de Escorpião e não altera a direção do seu movimento. No referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra está se afastando de Marte e isto permite a ocorrência deste movimento aparente apresentado na tela da esquerda da Figura 64. Também precisamos utilizar outras coordenadas geográficas, datas e horários para a demonstração deste movimento retrógrado, mostrando aos alunos que o entendimento sobre o movimento para trás de Marte, assim como de demais planetas, foi muito importante para o avanço da Astronomia e das demais ciências por permitir que o sistema heliocêntrico fosse aceito como o

sistema que explica, corretamente, os movimentos planetários.

A.7 As atividades na sala de informática

Após a finalização das aulas, é necessária a utilização do terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, através de atividades que permitam que o próprio aluno avalie os seus conhecimentos sobre os conceitos estudados durante a sequência didática. Por isto, é apresentado abaixo um roteiro utilizado pelos alunos na sala de informática para simularem os fenômenos astronômicos que foram apresentados pelo professor.

Esta atividade pode ser feita em duplas ou mais alunos, dependendo da disponibilidade de computadores. É sugerido que o professor peça aos alunos que realizem as etapas descritas no roteiro e, ao final, seja feito um diálogo com os alunos sobre suas respostas para cada simulação. Ao final do diálogo, é interessante a projeção do software pelo professor, mostrando as respostas corretas para cada etapa proposta. Estas simulações representam apenas alguns exemplos de aplicação deste software na sala de informática. Pode ser solicitado que os alunos simulem demais fenômenos astronômicos explicados com detalhes na seção A.6.

A.7.1 Simulando as estações do ano no Astro 3D

Inicie o software Astro 3D e clique em *Local*, depois em *Outra* e, em seguida, insira as coordenadas geográficas de sua cidade no software. Depois, insira a data do dia 22/12/2015 às 05:00, insira o *Sol*, faça o rastro dos astros de hora em hora e clique em *Visualizar Movimento Aparente*. Além disso, deixe a tela de movimento no referencial heliocêntrico aberta e visualize o movimento da Terra em torno do Sol nas situações abaixo:

1) *Conte quantas horas existiram, aproximadamente, neste dia do nascer ao pôr do Sol.*

2) *A inclinação do Sol no céu está em direção ao Norte, ao Sul ou está perpendicular ao horizonte?*

3) *Refaça o rastro do Sol, apenas mudando a data para o dia 20/03/2016 e conte novamente quantas horas existem, aproximadamente, neste dia. O dia ficou*

mais longo ou mais curto?

4) *O que aconteceu com a órbita da Terra no referencial heliocêntrico?*

5) *A inclinação do Sol neste dia 20/03/2016 está em direção ao Norte, ao Sul ou está perpendicular ao horizonte?*

6) *Refaça o rastro do Sol, mudando novamente a data para o dia 20/06/2016, iniciando às 05:00 e conte a quantidade de horas do nascer ao pôr do Sol.*

7) *A inclinação do Sol no dia 20/06/2016 está em direção ao Norte, ao Sul ou está perpendicular ao horizonte?*

8) *O que aconteceu com a órbita da Terra no referencial heliocêntrico?*

9) *Agora deixe o Sol no horizonte às 18:00 deste dia 20/06/2016 e faça o rastro dos astros no intervalo de um dia, até o dia 22/09/2016. Durante este rastro do Sol, o horário do ocaso do Sol foi após as 18:00 ou antes das 18:00?*

10) *O que aconteceu com o movimento da Terra e do Sol no referencial heliocêntrico?*

11) *Mude o rastro dos astros para horas novamente e mude para o dia 21/12/2016, contando quantas horas existem neste dia.*

12) *O que aconteceu com a inclinação do Sol durante esta simulação? O que aconteceu com a duração do dia durante a simulação?*

Se você fez corretamente todas as etapas desta simulação, percebeu que o dia 22/12/2016 foi o dia mais longo do ano e a inclinação do Sol estava em direção ao Norte. Este é o dia de solstício de verão em nosso hemisfério. Com o passar dos dias, a duração do dia foi diminuindo até chegar em 20/03/2016, com o dia e a noite possuindo a mesma duração e a inclinação do Sol em direção ao Norte, pois a posição de sua cidade permite que o movimento diurno do Sol, na esfera celeste, permaneça nesta inclinação. Este é o equinócio de outono de nosso hemisfério. Além disso, visualizando o movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra está deslocando em sua órbita em seu movimento de translação.

Em seguida, os dias foram diminuindo ainda mais até chegar ao dia 20/06/2016 que é o dia mais curto do ano no nosso hemisfério, sendo o solstício de inverno. Continuando a simulação, você percebeu que os dias foram aumentando novamente, até chegar ao dia 22/09/2016, que é o equinócio de primavera de nosso hemisfério.

Além disso, a inclinação do rastro do Sol continua a mesma, devido à nossa posição na esfera celeste, e o dia e a noite possuem a mesma duração. Para finalizar,

voltamos ao solstício de verão de nosso hemisfério, que é o dia mais longo do ano. Percebemos também que a Terra completa o seu movimento de translação ao redor do Sol e percebemos que estas são as estações do ano, provocadas pela inclinação terrestre em sua órbita e o movimento de translação da Terra ao redor do Sol.

A.7.2 Simulando as fases da Lua no Astro 3D

Inicie o software Astro 3D e clique em *Local*, depois em *Outra* e, em seguida, insira as coordenadas geográficas de sua cidade. Depois insira a *Lua* e o *Sol* no software e a data 13/09/2015 às 08:00, clique em *Visualizar Movimento Aparente* e em *Visualizar Movimento Real* utilizando o intervalo de hora em hora.

Depois, responda as perguntas e siga as próximas etapas:

1) *A Lua e o Sol estão próximos ou afastados no referencial topocêntrico, nesta data?*

2) *Observando o movimento no referencial heliocêntrico, qual é a fase da Lua?*

3) *Continue o rastro dos astros até o dia 21/09/2015, a Lua está aproximando ou afastando do Sol no céu? No referencial heliocêntrico, qual é a fase da Lua?*

4) *Continue o rastro dos astros até o dia 27/09/2015, a Lua e o Sol estão aproximando ou afastando um do outro? No referencial heliocêntrico, qual é a fase da Lua?*

5) *Continue o rastro dos astros até o dia 05/10/2015, a Lua e o Sol estão mais próximos ou mais afastados no céu? No referencial heliocêntrico, qual é a fase da Lua?*

6) *Finalize a simulação continuando o rastro dos astros até o dia 12/10/2015, o Sol e a Lua estão mais próximos ou mais afastados no céu? No referencial heliocêntrico, qual é a fase da Lua que está sendo apresentada?*

Se você realizou corretamente todas as etapas, percebeu que iniciamos o nosso estudo pela lua nova, mostrando que, nesta fase, a Lua e o Sol estão próximos no céu. Além disso, no referencial heliocêntrico, a face da Lua voltada para a Terra recebe pouca iluminação solar, mostrando que esta é a fase de lua nova. Ao continuar com o rastro dos astros, percebemos que o Sol e a Lua começaram a ficar mais afastados no céu, esta é a fase quarto-crescente. No referencial heliocêntrico, percebemos que a face da Lua voltada para a Terra recebe ainda mais iluminação,

até chegar a, aproximadamente, 50% da sua superfície iluminada. Continuando, a Lua e o Sol ficam opostos no céu, chegando à fase de lua crescente. No referencial heliocêntrico, a face da Lua voltada para a Terra está totalmente iluminada.

Na sequência, continuamos com o rastro dos astros e percebemos que a Lua e o Sol voltam a se aproximar no céu, exibindo a fase quarto-minguante. No referencial heliocêntrico, a face da Lua voltada para a Terra está recebendo menos iluminação solar. Para finalizar, a Lua e o Sol ficam muito próximos no céu, voltando à fase de lua nova e no referencial heliocêntrico, a face da Lua que está voltada para a Terra está recebendo o mínimo de iluminação solar.

A.7.3 Simulando o movimento retrógrado de Marte no Astro 3D

Inicie o software Astro 3D e clique em *Local*, depois em *Outra* e, em seguida, insira as coordenadas geográficas de sua cidade. Depois insira o planeta *Marte*, a constelação de *Escorpião* no software e a data 23/02/2016 às 08:00, clique em *Visualizar Movimento Aparente* e em *Visualizar Movimento Real*. Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, insira o planeta *Marte* e a *Terra*. Em seguida, clique em *horas* e faça o rastro dos astros até que a constelação de Escorpião fique em uma posição que possa ser melhor visualizada no céu. Após esta etapa, responda:

1) *Ao fazer o rastro dos astros de dez em dez dias siderais até o dia 22/05/2016, o que acontece com o movimento de Marte no céu? Marte está ficando mais próximo ou mais afastado das estrelas da constelação de Escorpião?*

2) *No referencial heliocêntrico, o que acontece com a posição da Terra em relação à Marte?*

3) *Continuando o rastro dos astros até o dia 10/08/2016, o que acontece com o movimento de Marte no céu? Marte está ficando mais próximo ou mais afastado das estrelas da constelação de Escorpião?*

4) *No referencial heliocêntrico, o que aconteceu com a posição da Terra em relação à Marte?*

5) *Para finalizar a simulação, faça o rastro dos astros até o dia 09/10/2016, o que aconteceu com o movimento de Marte no céu? O planeta vermelho está mais afastado ou mais próximo da constelação de Escorpião?*

6) *No referencial heliocêntrico, o que aconteceu com a posição da Terra em*

relação à Marte?

Ao realizar corretamente os movimentos propostos, foi percebido que Marte mudou o seu movimento no céu, percorrendo um movimento retrógrado. Na tela de movimento no referencial heliocêntrico, percebemos que a Terra ultrapassou Marte no movimento de translação destes dois planetas em suas órbitas em relação ao Sol. É importante que o professor mostre aos alunos que este é apenas um movimento aparente e que foi muito importante para a comprovação do sistema heliocêntrico e das leis de Kepler.

A.8 O questionário diagnóstico

Questionário diagnóstico das aulas de Astronomia

Aluno (a): _____ nº: ____ Série: _____

Professor: _____

A sequência didática “O uso do software Astro 3D para o ensino de Astronomia na educação básica” foi aplicada nas aulas deste bimestre, por isto a nossa avaliação será de acordo com esta sequência didática. Espero que tenham compreendido os conceitos abordados. Sucesso!

- 1) Imagine que você vive na pré-história. Uma época difícil para o homem, com vários predadores ao seu redor, distâncias enormes até locais melhores para se alimentar ou esconder do frio, chuva ou calor intenso. De que maneira você poderia usar a observação do céu a seu favor?

- 2) Complete o texto abaixo com os conceitos que você aprendeu nas aulas:

Durante um ____, a Terra executa o movimento de _____ ao redor do ____.

Muitas pessoas acham que o ____ gira ao redor da ____, porém este movimento que vemos no céu é apenas aparente. Neste movimento aparente, o Sol nasce no ____ e se põe no ____, percorrendo no céu um caminho que chamamos de _____, porque é a região onde a Lua se localiza nos eclipses. As constelações do _____ também percorrem (aparentemente) este caminho no céu, assim como os planetas e a Lua. Isto se deve ao fato de estarmos olhando para uma esfera imaginária no céu, chamada de esfera _____.

3) Observe a figura abaixo e depois responda as questões:



Figura 65 - As estações do ano.
Fonte: Brasil Escola (2016).¹⁴

a) Muitas pessoas dizem que o verão é o resultado da maior aproximação da Terra e do Sol, e o inverno é causado pelo maior afastamento destes dois astros. Como você explicaria para estas pessoas a causa das estações do ano?

b) Observando a imagem e lembrando da aplicação do software Astro 3D, qual a relação entre as estações do ano e o nosso calendário?

¹⁴ Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/estacoes-ano.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

4) Observe a imagem abaixo e responda as perguntas:

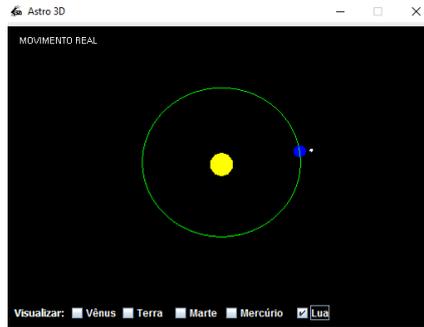


Figura 66 - Os movimentos da Terra, Lua e Sol no referencial heliocêntrico.
 Fonte: Feito pelo autor através do Astro 3D.

a) Qual a fase da Lua que é representada na figura? Justifique sua resposta.

b) Por que não vemos a outra face da Lua? Justifique sua resposta.

c) Escreva abaixo de cada figura, a fase da Lua que está sendo apresentada:

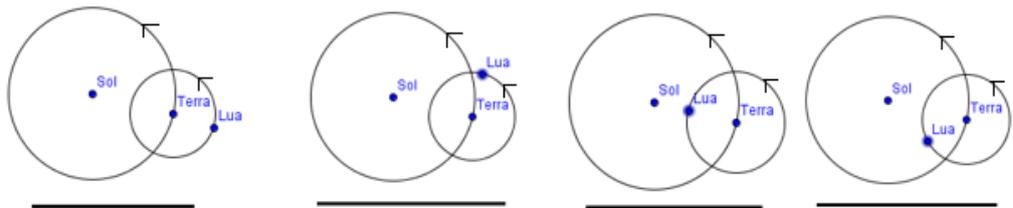


Figura 67 – Representação das fases da Lua.
 Fonte: Feito pelo autor.

d) Qual eclipse ocorre na fase da lua nova? Justifique a sua resposta.

Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com você.

Carl Sagan