



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ISAÍAS BATISTA DA SILVA JÚNIOR

LIVRO-TEXTO PARA OLIMPIADAS DE ASTRONOMIA

FORTALEZA

2022

ISAÍAS BATISTA DA SILVA JÚNIOR

LIVRO-TEXTO PARA OLIMPÍADAS DE ASTRONOMIA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Métodos pedagógicos no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Ramos Gonçalves

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58l Silva Júnior, Isaías Batista da.
Livro-texto para olimpíadas de astronomia / Isaías Batista da Silva Júnior. – 2022.
126 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. José Ramos Gonçalves.
1. Material didático. 2. Astronomia. 3. Olimpíada. I. Título.

CDD 530.07

ISAÍAS BATISTA DA SILVA JÚNIOR

LIVRO-TEXTO PARA OLIMPÍADAS DE ASTRONOMIA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Métodos pedagógicos no ensino de Física.

Aprovada em: 30 de setembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes
(Membro externo)
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas (Membro interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus colegas de profissão que se empenham diariamente em construir um futuro melhor para o nosso país.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tem iluminado minha caminhada e me ensinado que viver é saber esperar o tempo certo. À minha família, que sempre me deu suporte para que eu conseguisse vencer as batalhas mais difíceis.

À UFC, seu Departamento de Física e aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em especial meu orientador, Prof. Dr. José Ramos Gonçalves, que esteve presente em minha defesa de memorial, porta pela qual tive acesso ao MNPEF, pela dedicação; ao Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida e ao Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, coordenadores do curso; ao Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho que me acompanha desde a graduação, sempre apresentando propostas de ensino inovadoras.

Aos meus alunos, coordenadores, diretores e todos que trabalham ou já trabalharam ao meu lado, pelo apoio e pela confiança que depositaram em mim.

A todos vocês o meu muito obrigado! Sem vocês eu não teria conseguido chegar aqui.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela iniciativa de criar e coordenar o MNPEF, que tem ajudado a capacitar professores de ensino médio e fundamental através do apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

“Enquanto não compreendermos a inter-relação entre o pensamento e a palavra, não poderemos responder a nenhuma das questões mais específicas deste domínio, nem sequer levantá-las.”

(VYGOTSKY, 1993, p. 8.)

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo explicitar como a utilização de um material didático adequado pode ser capaz de despertar o interesse pelo aprendizado de Astronomia, corrigir conceitos adquiridos de maneira errônea ao longo das etapas do Ensino Fundamental e Ensino Médio e preparar estudantes para participarem de olimpíadas de Astronomia. As olimpíadas científicas se tornaram mais uma maneira de acessar a educação pública de nível superior e a falta de material didático e de formação de professores em Astronomia pode deixar lacunas na aprendizagem. O livro Guia de Astronomia - Para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e Olimpíada Nacional de Ciências (ONC) foi desenvolvido de modo a apresentar de maneira simples os principais conteúdos abordados em ambas as olimpíadas. A escrita da parte teórica buscou se manter próxima à linguagem presente nas provas do Ensino Fundamental - Anos Finais da OBA dos últimos anos a fim de que o estudante possa utilizar o Guia com instrução de um professor ou até mesmo em seu estudo individual.

Palavras-chave: material didático; astronomia; olimpíada.

ABSTRACT

This dissertation aims to explain how the use of an adequate teaching material can be able to arouse interest in Astronomy learning, correct concepts erroneously acquired during the stages of Elementary and High School and prepare students to participate in Olympiads of Astronomy. Science Olympiads have become another way of accessing public higher education and the lack of didactic material and teacher training in Astronomy can leave gaps in learning. The book Astronomy Guide - For the Brazilian Astronomy and Astronautics Olympiad (OBA) and National Science Olympiad (ONC) was developed to present the main contents covered in both Olympiads in a simple way. The writing of the theoretical part sought to keep close to the language present in the tests of Elementary School - Final Years of the OBA of the last years so that the student can use the Guide with the instruction of a teacher or even in their individual study.

Keywords: courseware; astronomy; olympiad.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Logo da OBA	16
Figura 2 – Logo da ONC	18
Figura 3 – Geometria de uma elipse	24
Figura 4 – Representação de quatro elipses com excentricidades variando de 0,0 a 0,9.	25
Figura 5 – Segunda lei de Kepler	25
Figura 6 – Representação dos plano orbitais da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol	27
Figura 7 – Posicionamento do Sol, Terra e Lua durante eclipses	28
Figura 8 – Uma composição de sete imagens mostra a Lua cheia no perigeu, ou superlua, durante um eclipse lunar total no domingo, 27 de setembro de 2015, em Denver	29
Figura 9 – Distribuições de emissão espectral de corpos negros à temperatura de 12000 K, 9000 K e 6000 K	31
Figura 10 – Nona questão da prova do nível 3 da 23ª OBA	34
Figura 11 – Guia de Astronomia: Seção 5.1 - Leis de Kepler	34
Figura 12 – Guia de Astronomia: Capítulo 5 - Exercício 4	35
Figura 13 – Exercício que foi adaptado para compor as duas perguntas do formulário inicial e três primeiras perguntas do segundo formulário	37
Figura 14 – Exemplo de opções de resposta do formulário inicial	37
Figura 15 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol?” - Formulário inicial	38
Figura 16 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol?” - Formulário inicial	39
Figura 17 – Elipses com diferentes excentricidades	40
Figura 18 – Gráfico de comparação das respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol?” antes e depois da aula sobre Leis de Kepler	41
Figura 19 – Gráfico de comparação das respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol?” antes e depois da aula sobre Leis de Kepler	42
Figura 20 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual ponto melhor representa a posição do Sol?”	43

Figura 21 – Gráfico de respostas à pergunta “Em qual dos pontos a velocidade da Terra é máxima?”	43
Figura 22 – Gráfico de respostas à pergunta “Em qual dos pontos a velocidade da Terra é mínima?”	44
Figura 23 – Gráfico de respostas à pergunta “Se o Sol está em F_1 , o que existe em F_2 ?” .	44
Figura 24 – Gráfico de respostas à pergunta “O que existe exatamente no centro geométrico da elipse?”	45
Figura 25 – Alguns dos comentários feitos pelos participantes	45
Figura 26 – Primeira questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	49
Figura 27 – Quarta questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	49
Figura 28 – Sétima questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	50
Figura 29 – Décima questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	51
Figura 30 – Décima terceira questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	52
Figura 31 – Décima sexta questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	53
Figura 32 – Décima nona questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFC	Universidade Federal do Ceará
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
ONC	Olimpíada Nacional de Ciências
OBF	Olimpíada Brasileira de Física
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IOA	<i>International Olympiad of Astronomy</i>
IMO	<i>International Mathematical Olympiad</i>
UEPA	Universidade do Estado do Pará
CO/OBA	Comissão Organizadora da OBA
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira
AEB	Agência Espacial Brasileira
EREA	Encontros Regionais de Ensino e Astronomia
OLAA	Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica
IOAA	<i>International Olympiad on Astronomy and Astrophysics</i>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
UNIP	Universidade Paulista
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
ABQ	Associação Brasileira de Química
OBQ	Olimpíada Brasileira de Química
IB	Instituto Butantan
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
ONHB	Olimpíada Nacional em História do Brasil
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
ua	unidade astronômica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	ENSINO DE ASTRONOMIA E OLIMPÍADAS NACIONAIS	15
2.1	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica	15
2.1.1	<i>Estrutura, níveis e duração das provas</i>	17
2.1.2	<i>Conteúdos das provas</i>	17
2.1.3	<i>Premiação</i>	17
2.2	Olimpíada Nacional de Ciências	18
2.2.1	<i>Estrutura, níveis e duração das provas</i>	19
2.2.2	<i>Conteúdos das provas</i>	19
2.2.3	<i>Premiação</i>	19
3	FUNDAMENTOS DE ENSINO	20
3.1	Construtivismo	21
3.1.1	<i>Perspectivas sobre o construtivismo</i>	21
3.2	Teoria sociocultural de Vygotsky	22
4	FUNDAMENTOS DE FÍSICA	23
4.1	Lei de Newton da gravitação	23
4.2	Peso	23
4.3	As leis de Kepler e o movimento de planetas	24
4.3.1	<i>Primeira lei de Kepler</i>	24
4.3.2	<i>Segunda lei de Kepler</i>	25
4.3.3	<i>Terceira lei de Kepler</i>	26
4.4	Dispersão da luz branca	26
4.5	Eclipses	27
4.6	Espectros contínuos	29
4.6.1	<i>Lei de Stefan-Boltzmann</i>	30
4.6.2	<i>Lei de Wien</i>	30
5	PRODUTO EDUCACIONAL	32
6	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	36
6.1	Formulário inicial: excentricidades das órbitas da Terra e de um cometa ao redor do Sol	36

6.2	Utilização do Guia de Astronomia em aula sobre Leis de Kepler	38
6.3	Segundo formulário: Leis de Kepler	40
7	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICES	48
	APÊNDICE A–ANÁLISE E COMENTÁRIO SOBRE QUESTÕES DA PROVA VIRTUAL DO NÍVEL 3 DA 24 OBA	48
	APÊNDICE B–FORMULÁRIO SOBRE EXCENTRICIDADES	56
	APÊNDICE C–FORMULÁRIO SOBRE LEIS DE KEPLER	59
	APÊNDICE D–GUIA DE ASTRONOMIA	65

1 INTRODUÇÃO

Tendo cursado o ensino básico em instituições que não primavam pela participação em olimpíadas científicas, participei somente de uma edição da Olimpíada Brasileira de Física (OBF). Sem ter acesso a materiais didáticos adequados à Olimpíada, acabei por desistir do certame após a classificação para a segunda fase. Na licenciatura em física, tendo ex-olímpicos como colegas de turma, pude perceber a enorme vantagem que eles tinham em relação aos que não tiveram o mesmo tipo de vivência na vida escolar.

Ainda na graduação, quando estagiário no SESCiência, tive que realizar atividades práticas da OBA que, em sua 16ª edição, instruía sobre a localização de constelações no céu noturno e a construção de um relógio solar. Sem ter conhecimento prévio sobre os temas, minha única fonte foi o próprio roteiro da Olimpíada, pois, diferentemente do que indicava o regulamento, os conteúdos não eram encontrados com facilidade em livros didáticos do ensino fundamental e médio.

Alguns anos depois, licenciado em física, fui convidado a ministrar aulas teóricas preparatórias para a OBA. Já sabendo da falta de material didático, comecei a elaborar textos sobre o conteúdo cobrado na prova, tendo como referência as questões de provas anteriores, pois é comum que haja uma explanação do conteúdo antes das perguntas.

A participação em olimpíadas científicas possibilita, além da divulgação científica, o acesso à educação superior por meio de vagas exclusivas para estudantes olímpicos em universidades brasileiras, uma melhora no currículo acadêmico dos participantes, que podem se destacar em processos seletivos para instituições de ensino superior fora do país. Tendo em vista todas essas possibilidades e a carência de uma fonte adequada de preparação, este trabalho propõe um material didático que venha a suprir a falta de literatura em nível e conteúdo adequado. Este material pode ser utilizado tanto por alunos em seu estudo individual, quanto por professores, que busquem um livro-texto sem informações que fujam do escopo das olimpíadas.

Esta introdução é o primeiro capítulo da dissertação. No capítulo 2, são apresentados os fundamentos legais nos quais o ensino de astronomia se baseia, bem como as olimpíadas de astronomia a nível nacional e suas respectivas histórias. O terceiro capítulo explora os fundamentos de educação, tendo como base o construtivismo. No capítulo seguinte, a fundamentação física que dá suporte ao Guia de Astronomia é apresentada. Os capítulos 5 e 6, respectivamente, discorrem sobre o produto educacional (Guia de Astronomia) e sua aplicação, com resultados. As considerações finais aparecem no último capítulo.

2 ENSINO DE ASTRONOMIA E OLIMPÍADAS NACIONAIS

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define que, no Ensino Fundamental, o componente curricular de Ciências seja organizado em três unidades temáticas que se repetem ao longo de toda a etapa. As unidades são Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Nesta última

busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários. (BRASIL, 2018)

Na etapa do Ensino Médio, as unidades temáticas Vida e Evolução e Terra e Universo se fundem em Vida, Terra e Cosmos, associando a origem e evolução da vida humana à origem do universo.

Assim, quando a OBA¹ estimula o ensino de astronomia, está indo de encontro a objetos de conhecimentos e treinando habilidades previstas na BNCC.

Como veremos posteriormente, as questões da OBA são criadas de forma que seus respectivos enunciados trazem informações que não somente contextualizam a questão, mas ajudam o estudante a responder corretamente.

O tema central deste trabalho será a Olimpíada de Astronomia como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem. Por isso, neste capítulo serão apresentadas as duas olimpíadas nacionais de astronomia que existem atualmente, a OBA e a ONC. Na apresentação, iremos primeiramente contextualizar historicamente a criação de cada olimpíada, em seguida iremos explicar a sua estrutura e o seu regulamento.

2.1 Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

A OBA, criada com o intuito de selecionar estudantes que representassem o Brasil na III Olimpíada Internacional de Astronomia (*International Olympiad of Astronomy* (IOA)), teve sua primeira edição no ano de 1998 (LAVOURAS; CANALLE, 1999). À época, a única

¹ Como a elaboração da OBA e das questões de astronomia ONC é feita pela mesma Sociedade Científica e a ONC passou a conter questões de astronomia quando a OBA já estava em sua 22ª edição, a OBA será tomada como referência para este trabalho.

Figura 1 – Logo da OBA



Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

olimpíada internacional da qual o Brasil participava era a Olimpíada Internacional de Matemática (*International Mathematical Olympiad* (IMO)). Na ocasião a I OBA, quando a única entidade governamental que apoiada a olimpíada era a Universidade do Estado do Pará (UEPA), houve participação de 21 escolas, em 8 cidades. Destas escolas, a que teve maior participação foi representada por 35 alunos.

A prova tinha era organizada, inicialmente, em dois níveis: nível 1 para estudantes de até 16 anos e nível 2 para estudantes de até 18 anos. As idades de cada nível foram escolhidas para que os critérios da IOA fossem atendidos.

Em 2009, o Ano Internacional da Astronomia, quando o número de escola participantes já ultrapassava os 10.000, a Comissão Organizadora da OBA (CO/OBA), formada pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB) e com a Furnas Centrais Elétricas S/A, começou a realizar os Encontros Regionais de Ensino e Astronomia (EREA) para capacitar professores. Neste mesmo ano foi realizada a I Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica (OLAA).

Ao longo dos anos, além de oferecer um planetário digital itinerante, a OBA possibilitou a seleção de participantes para competições internacionais, como a supracitada OLAA e a Olimpíada Internacional de Astronomia e Astrofísica - *International Olympiad on Astronomy and Astrophysics* (IOAA). Os níveis da prova passaram a ser três e, posteriormente, quatro. A Olimpíada passou a contar com apoio financeiro do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), da AEB, do Colégio Objetivo/Universidade Paulista (UNIP) e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que fornece bolsas de extensão (CANALLE *et al.*, 2019).

No ano de 2021, a OBA atingiu seu recorde de inscrições, contando com 901.200

inscritos.

2.1.1 Estrutura, níveis e duração das provas

Atualmente, a prova da OBA é individual e sem consultas, ocorrendo em fase única, constando de 10 questões, sendo 7 delas sobre astronomia e 3 sobre astronáutica. As questões podem ser de múltipla escolha ou subjetivas, valendo um ponto cada. Algumas questões são divididas em itens, permitindo acertos parciais.

Devido à pandemia da COVID-19, em 2020, a prova da 24ª OBA foi realizada de forma virtual e em 2021 a prova contou tanto com a modalidade presencial como com a virtual. Neste mesmo ano a utilização de calculadora foi autorizada.

Os níveis de prova são quatro, sendo eles: nível 1 (1º ao 3º ano do Ensino Fundamental), nível 2 (4º e 5º ano do Ensino Fundamental), nível 3 (6º ao 9º ano do Ensino Fundamental) e nível 4 (Ensino Médio). A duração da prova dos níveis 1 ao 3 é de até duas horas, enquanto que a do nível 4 é de até três horas.

2.1.2 Conteúdos das provas

O conteúdo das provas é cumulativo, de forma que cada nível abrange o conteúdo do nível anterior.

A prova de astronomia do nível 1 é constituída de questões sobre a Terra, a Lua, o Sol, objetos do Sistema Solar, constelações e reconhecimento do céu. A do nível 2, aborda os mesmos assuntos, mas de maneira mais aprofundada. No nível 3, além dos conteúdos do nível anterior, aparecem questões sobre as leis de Kepler, origem e desenvolvimento da Astronomia, fenômenos físicos e químicos, gravitação, unidade astronômica, ano-luz, mês-luz, dia-luz e segundo luz. No último nível, temos a lei da gravitação universal, lei de Hubble, história da Astronomia, espectro eletromagnético, ondulatória, termologia, magnetismo, evolução estelar e origem do universo.

2.1.3 Premiação

A premiação com medalhas é organizada por nível. Cerca de 50.000 medalhas são distribuídas para os alunos que obtém as melhores notas. Além disso, todos os alunos,

professores representantes e diretores recebem um certificado de participação². Estudantes do 9º ano e do Ensino Médio com as melhores notas são convidados a participar do processo de seleção das equipes que representarão o país nas olimpíadas internacionais.

2.2 Olimpíada Nacional de Ciências

Figura 2 – Logo da ONC



Fonte: Olimpíada Nacional de Ciências (2022).

A Olimpíada Nacional de Ciências surgiu em 2016, promovida pelo MCTI e organizada por uma Comissão Executiva vinculada à Associação Brasileira de Química (ABQ) e à SBF. Ambas as Sociedades Científicas já eram responsáveis pela realização da Olimpíada Brasileira de Química (OBQ) e da OBF, respectivamente. Em sua primeira edição, o público-alvo era composto de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental ao 3º ano do Ensino Médio, que participavam de duas fases. A Comissão elaborou questões de temas que envolviam a física e a química (OLIMPÍADA NACIONAL DE CIÊNCIAS, 2022).

No ano de 2018, o Instituto Butantan (IB) passou a participar da Comissão Executiva da ONC e, com isso, a disciplina de biologia foi acrescida ao conteúdo programático do certame. No ano seguinte, a Comissão passou a contar com o apoio da SAB, inserindo questões de astronomia na prova; além disso, alunos da 4ª série do Ensino Técnico passaram a participar da prova.

Os estudantes 8º ano do Ensino Fundamental puderam participar do certame a partir de 2020. Neste mesmo ano, a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que elabora a Olimpíada Nacional em História do Brasil (ONHB) passou a fazer parte da Comissão, fazendo com que a ONC incluísse cinco áreas do conhecimento distintas.

Atualmente, a ONC é destinada a alunos do Ensino Fundamental II, do Ensino Médio e da 4ª série do Ensino Técnico.

² O certificado dos alunos indica, se houver, o tipo de medalha obtida.

2.2.1 Estrutura, níveis e duração das provas

A ONC, desde sua criação, ocorre em duas fases que, semelhantemente à fase única da OBA, são individuais e sem consultas.

A prova da primeira fase é de múltipla escolha, com quatro questões de cada área. Após a realização da primeira fase, a ONC estipula um número mínimo de acertos necessário para a realização da fase seguinte. Todos os participantes que atingem o número mínimo de acertos participam da segunda fase, que é composta de dez questões discursivas. O regulamento da Olimpíada prevê a possibilidade de haver uma parte experimental, que poderia vir a compor 40% da nota final. Apesar disto, as cinco primeiras edições da ONC contaram somente com provas teóricas.

Os níveis de prova são os seguintes: nível A (6º e 7º ano do Ensino Fundamental), nível B (8º e 9º ano do Ensino Fundamental), nível C (1ª série do Ensino Médio), nível D (2ª série do Ensino Médio) e nível E (3ª série do Ensino Médio e 4ª série do Ensino Técnico). A duração da prova para todos os níveis é de duas horas, tanto para a primeira quanto para a segunda fase.

2.2.2 Conteúdos das provas

Devido ao fato de as questões de astronomia serem elaboradas pela SAB, os conteúdos são os mesmos abordados na OBA³, com correspondência de níveis. Assim os níveis A e B da ONC correspondem ao nível 3 da OBA; e os níveis C, D e E correspondem ao nível 4.

2.2.3 Premiação

As medalhas, de ouro, prata e bronze, são limitadas ao percentual de 5% dos participantes da segunda fase. Ademais, os estudantes que acertam pelo menos 50% das questões da segunda fase sem obter medalha são premiados com um certificado de menção honrosa. Todos os participantes recebem um certificado que indica, se houver, o tipo de medalha obtida. Todos os professores com estudantes participantes também recebem certificado de participação.

³ Os conteúdos foram descritos na Subseção 2.1.2.

3 FUNDAMENTOS DE ENSINO

O ensino fundamental tem o domínio da leitura, da escrita e do cálculo como meios básicos para o desenvolvimento da capacidade de aprender, que media o objetivo da formação básica do cidadão. Além disso, espera-se que as crianças e adolescentes tenham compreensão da tecnologia em que se fundamenta a sociedade. No ensino médio, os conhecimentos adquiridos na etapa anterior são consolidados e aprofundados, assim como os fundamentos científico-tecnológicos são compreendidos, relacionando a teoria com a prática (BRASIL, 1996).

Para Vygotsky (1993, p. 71), as funções psicológicas nas quais as ciências naturais se baseiam começam a se desenvolver juntamente com o ensino de ciências. Esse desenvolvimento ocorre de maneira simultânea ao ensino. O mesmo resultado é observado no ensino da escrita e da aritmética. Assim, para que o estudante tenha domínio dos requisitos básicos propostos para sua formação, o incentivo educacional é imprescindível. Um conceito não pode ser ensinado, por inteiro, a uma criança. Ao invés disso, deve-se fornecer informações de maneira fracionada para que, posteriormente, a criança venha a assimilar conceitos gerais.

A disposição em aprender é essencial para que os alicerces psicológicos sejam cada vez mais desenvolvidos, facilitando a aprendizagem. Um ambiente de competição pode vir a promover maior incentivo. De acordo com Quadros *et al.* (2013, p. 153-154),

Ao frequentar a escola, a preocupação do estudante deveria ser a busca do próprio desenvolvimento, o progresso intelectual e a identificação e uso de estratégias eficazes para a aprendizagem. No entanto, se prevalecer um ambiente competitivo, o estudante tenderá a se preocupar com o próprio rendimento, mas sempre em comparação com o rendimento de seus pares.

As olimpíadas científicas vão de encontro aos objetivos e finalidades da educação básica propostos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), além de criar um ambiente competitivo e motivador para os participantes. A nomenclatura que essas competições estudantis recebem faz jus aos ideais olímpicos, que para Parry (2016, p. 50) são

o desenvolvimento harmonioso e integral do ser humano;
para excelência e realização;
através do esforço na atividade esportiva competitiva;
em condições de respeito mútuo, justiça, equidade e igualdade;
com vistas à criação de relacionamentos duradouros de amizade entre as pessoas;
relações internacionais de paz, tolerância e compreensão;
e alianças culturais com as artes.

Ao participar de olimpíadas científicas, o estudante tem a oportunidade de se *desenvolver de forma integral*, adquirindo novos conhecimentos que serão úteis não somente para a vida escolar, mas podem ser aplicados à vida acadêmica e profissional. A *excelência e a*

realização vêm com a possibilidade de uma premiação a nível nacional. Apesar de não ser uma atividade esportiva, é uma *atividade competitiva* que requer *esforço* através da preparação que pode durar um ano letivo inteiro.

3.1 Construtivismo

O construtivismo propõe que os alunos criem sua própria aprendizagem. A teoria assemelha-se ao método científico ao sugerir que nenhuma afirmação pode ser considerada como verdadeira, mas seja vista com dúvida razoável. Para os construtivistas, o conhecimento não é uma verdade, e sim algo que pode ser construído a partir de hipóteses.

Um dos pressupostos dessa teoria é o de que a interação de pessoas e situações está relacionada à aquisição e aperfeiçoamento do conhecimento. Apesar da mediação, as pessoas são aprendizes ativos e constroem o conhecimento por conta própria. Para a plena compreensão de determinado assunto, é essencial que os alunos descubram os princípios básicos. Por exemplo, para ensinar sobre o movimento aparente do Sol, podem ser realizadas observações do céu em horários próximos ao nascer e/ou pôr do sol. Com o devido registro, é possível aprender a localização aproximada do nascente e do poente, bem como o movimento ao longo da eclíptica da data. O mesmo método pode ser estendido para o movimento aparente da Lua e planetas.

O ensino de Astronomia é suportado por ideias construtivistas ao permitir que alunos estudem um mesmo assunto de pontos de vista diferentes. O tema Terra, por exemplo, pode ser abordado na área de Linguagens, com leitura e produção de texto; na área de Matemática, na contagem do tempo; na área de Ciências da Natureza, com o estudo das características do planeta que podem ser verificadas com a observação de fenômenos; área de Ciências Humanas, entendendo os processos físico-naturais do planeta e compreendendo os impactos das descobertas científicas para a história da humanidade; e na área de Ensino Religioso, associando ritos a fenômenos naturais.

3.1.1 Perspectivas sobre o construtivismo

Diferentemente de outras teorias de aprendizagem, o construtivismo não tem um ponto de vista único, mas três perspectivas, sendo elas o construtivismo exógeno, o construtivismo endógeno e o construtivismo dialético.

A perspectiva exógena tem como principal premissa a ideia de que a aquisição de

conhecimento representa uma reconstrução do mundo externo. Assim, as crenças de uma pessoa são influenciadas por suas experiências, modelos aos quais é exposta e ensinamentos. Assim, o conhecimento é preciso por refletir a realidade externa.

Do ponto de vista da perspectiva endógena, o conhecimento é adquirido a partir de conhecimentos prévios e não de interações com o ambiente, ao menos não diretamente. Deste modo, o conhecimento não é um espelho do mundo exterior, e sim desenvolvido através da abstração cognitiva. Jean Piaget é um dos principais teóricos endógenos.

Para a perspectiva dialética, o conhecimento vem da interação entre pessoas e ambientes. Diferentemente das duas primeiras, as construções não estão necessariamente ligadas ao mundo externo ou à mente. Desta forma, o conhecimento é fruto de contradições mentais que resultam da interação com o ambiente. Os principais teóricos nessa linha são Albert Bandura e Lev Vygotsky.

3.2 Teoria sociocultural de Vygotsky

Para Vygotsky, a atividade socialmente significativa tem influência direta na consciência humana. A teoria sociocultural associa a interação de fatores sociais, histórico-culturais e individuais ao desenvolvimento humano. Entretanto, essa interação social não se dá de forma tradicional, onde uma criança recebe instrução de um professor, mas de maneira que ela seja capaz reorganizar suas estruturas mentais a partir da associação de um conhecimento prévio à interação. O contato social permite que o conhecimento seja co-construído.

Os fatores histórico-culturais são essenciais no entendimento de que a aprendizagem e o desenvolvimento não podem ser desassociados de seus contextos. Desta maneira, o significado de cada conceito mental muda conforme são associados ao mundo individual. Por exemplo, a palavra “telefone”, no início dos anos 2000, era associada somente a um meio de comunicação por meio de chamadas de voz; hoje, remete ao smartphone, no qual é possível realizar diversas outras operações além das tradicionais chamadas telefônicas. A linguagem e os símbolos – números e contagem, letras e escrita, por exemplo – são ferramentas culturais transferíveis e essenciais para o desenvolvimento humano.

4 FUNDAMENTOS DE FÍSICA

4.1 Lei de Newton da gravitação

A gravitação é um dos quatro tipos de interação encontrados na natureza. Newton descobriu que a força responsável pela queda dos objetos é a mesma força que mantém os planetas orbitando o Sol. A lei da gravitação é chamada *universal* devido ao fato de que a gravidade atua da mesma maneira entre o Sol e um planeta, entre um planeta e seus satélites naturais ou artificiais e até mesmo entre estrelas que orbitam uma à outra.

A lei da gravitação de Newton afirma que duas partículas quaisquer se atraem mutuamente com uma força que é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Mesmo que essas massas tenham valores diferentes, as forças gravitacionais que essas partículas exercem uma na outra devem ter mesmo valor em módulo e atuar ao longo da linha que une as duas partículas, constituindo um par de ação e reação, devido à terceira lei de Newton.

Essa lei pode ser expressa pela equação

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}, \quad (4.1)$$

onde F_g é o módulo da força de atração gravitacional entre quaisquer duas partículas, G é a constante gravitacional, de valor $6,67384(80) \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$, m_1 e m_2 são as massas das partículas e r é a distância entre as partículas.

4.2 Peso

O peso de um corpo é o somatório das forças gravitacionais que todos os outros corpos do universo exercem nele. Entretanto, quando próximo à superfície da Terra, todas as outras forças gravitacionais podem ser ignoradas e consideramos que o peso é a força gravitacional exercida pela Terra. Na superfície de Marte, por exemplo, o peso do corpo é a força gravitacional exercida por Marte, e assim por diante.

Para determinar o peso P de um objeto de massa m na superfície de um planeta esférico de raio R e massa M , podemos utilizar a equação 4.1, obtendo

$$P = F_g = \frac{GMm}{R^2}. \quad (4.2)$$

4.3 As leis de Kepler e o movimento de planetas

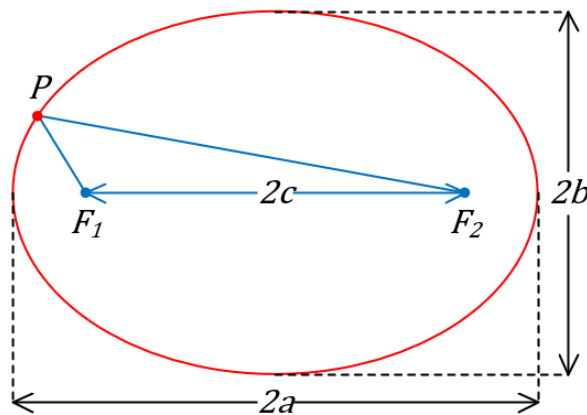
Entre 1601 e 1619 o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler descobriu três leis empíricas que descrevem o movimento dos planetas, sendo elas:

1. A órbita de um planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos.
2. A linha que liga o Sol e o planeta “varre” áreas iguais em intervalos de tempo iguais.
3. O quadrado do período de translação de um planeta ao redor do Sol é diretamente proporcional ao cubo do semieixo maior da órbita.

4.3.1 Primeira lei de Kepler

A Figura 3 mostra a geometria de uma elipse. A maior dimensão é chamada eixo maior ($2a$) e sua metade é chamada semieixo maior (a). A soma das distâncias um ponto qualquer da elipse até F_1 e do mesmo ponto até F_2 é a mesma e vale $2a$. F_1 e F_2 são chamados focos. O Sol ocupa um dos focos, enquanto que não há nenhum objeto no outro.

Figura 3 – Geometria de uma elipse



Fonte: elaborado pelo autor.

A excentricidade e de uma elipse é definida como a razão entre a distância focal ($2c$) e o comprimento do eixo maior, ou seja

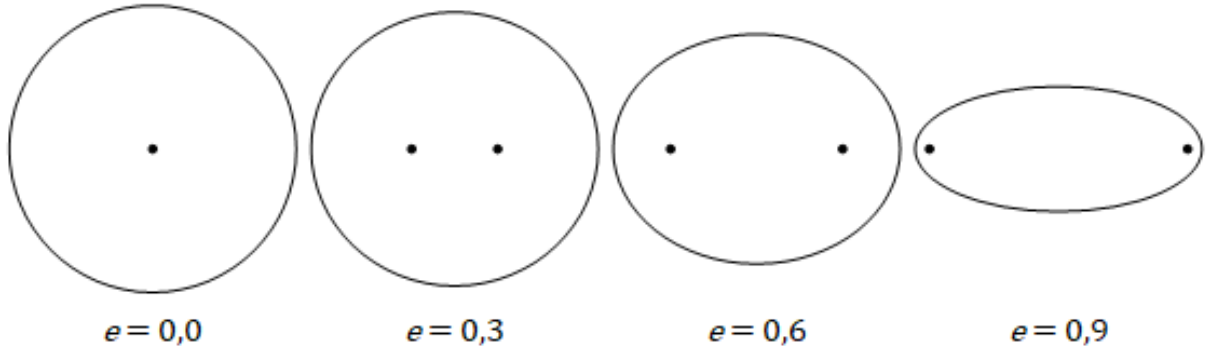
$$e = \frac{c}{a}. \quad (4.3)$$

Da Equação 4.3, deduzimos que a distância de um dos focos até o centro da elipse é $c = ea$. Se a excentricidade da elipse for zero, os dois focos estão sobrepostos e a elipse é uma circunferência. Quanto maior o valor da excentricidade, que deve ser inferior a 1^1 , mais

¹ Como os focos não são pontos da elipse, a distância focal é menor que o eixo maior, fazendo com que o segundo membro da Equação 4.3 tenha numerador menor que o denominador, resultando em uma excentricidade menor que 1.

“achatada” será a elipse. A Figura 4 mostra elipses com diferentes excentricidades. É importante destacar que as órbitas planetárias do Sistema Solar são de baixa excentricidade, variando de 0,007 (Vênus) até 0,206 (Mercúrio).

Figura 4 – Representação de quatro elipses com excentricidades variando de 0,0 a 0,9.



Fonte: elaborado pelo autor.

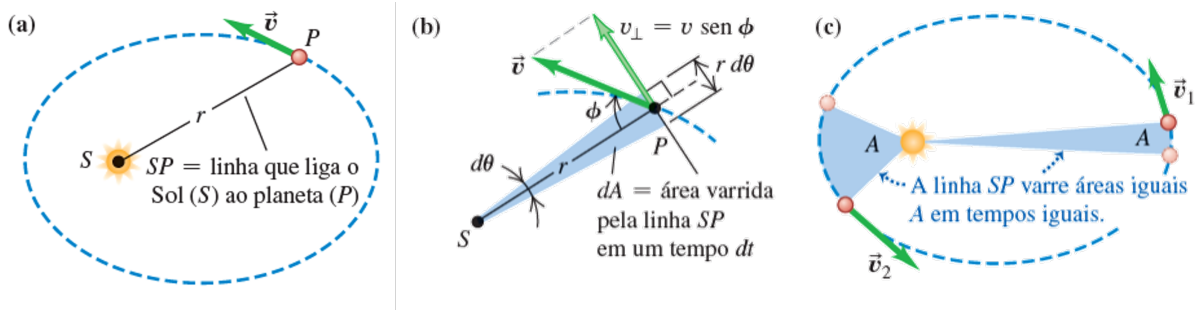
Nota: O os pontos pretos são os focos.

4.3.2 Segunda lei de Kepler

Em um pequeno intervalo de tempo dt , a linha que liga o Sol S ao planeta P (Figura 5a) move-se um ângulo $d\theta$. A área varrida é o triângulo azul de altura r , base $r d\theta$ e área $dA = \frac{1}{2}r^2 d\theta$ (Figura 5b). A taxa com que a área é varrida, dA/dt , é chamada velocidade areolar, dada pela equação

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2}r^2 \frac{d\theta}{dt}. \quad (4.4)$$

Figura 5 – Segunda lei de Kepler



Fonte: Young e Freedman (2015).

A segunda lei de Kepler garante que a velocidade areolar é constante ao longo de toda a órbita. Se o planeta está próximo ao Sol, r é pequeno e $d\theta/dt$ é grande; quando o planeta está distante do Sol, ocorre o contrário: r é grande e $d\theta/dt$ é pequeno.

4.3.3 Terceira lei de Kepler

Utilizando a lei da gravitação universal (Equação 4.1) para uma órbita circular de um corpo de massa m ao redor de outro de massa M , com período orbital P e semieixo maior a , temos que a força gravitacional será a resultante centrípeta (F_{cp}). Assim,

$$F_g = F_{cp}$$

$$\frac{GMm}{a^2} = m\omega^2 a$$

$$\frac{GM}{a^2} = \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 a$$

$$\frac{GM}{a^2} = \frac{4\pi^2}{P^2} a,$$

que pode ser reorganizada na forma

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3. \quad (4.5)$$

O termo $\frac{4\pi^2}{GM}$ é a constante de proporcionalidade entre o quadrado do período e o cubo do semieixo maior da órbita.

Apesar de termos considerado uma órbita circular no desenvolvimento da terceira lei de Kepler aqui descrito, Newton demonstrou que a relação também é válida para órbitas elípticas.

4.4 Dispersão da luz branca

A luz solar, quando chega à atmosfera, é absorvida e reemitida em várias direções. Esse processo é chamado dispersão ou espalhamento. A intensidade da luz espalhada é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda da luz. Assim, a razão entre as intensidades para os dois extremos da luz visível vale $(750 \text{ nm}/380 \text{ nm})^4 = 15$, ou seja, a luz espalhada contém 15 vezes mais luz azul que vermelha, o que faz com que vejamos o céu azul durante o dia.

Em horários próximos ao nascer ou pôr do sol, a luz percorre uma distância maior ao longo da atmosfera, fazendo com que uma parte significativa da luz azul seja “perdida” no espalhamento. Com a luz azul removida da luz branca, vemos um céu alaranjado ou avermelhado.

4.5 Eclipses

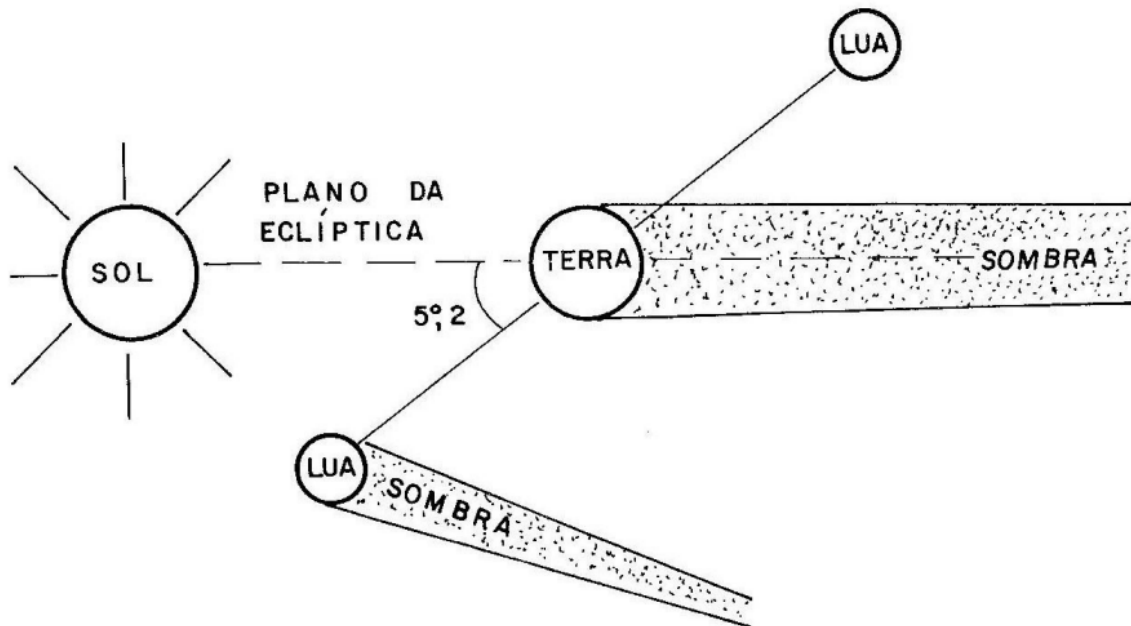
Devido ao fato de a luz propagar-se em linha reta², a Terra e a Lua, por serem opacas, geram regiões de sombra e penumbra uma na outra.

Um eclipse solar ocorre quando a Lua passa entre a Terra e o Sol, impedindo que a luz solar chegue ao nosso planeta. Na região da Terra em que a sombra da Lua é projetada, temos um eclipse solar total; já onde é projetada uma penumbra da Lua, um eclipse solar parcial. O tempo médio entre eclipses solares totais é de um ano e meio.

Quando a Terra passa entre o Sol e a Lua, temos um eclipse lunar, que, semelhantemente ao eclipse solar, pode ser total ou parcial. Eclipses lunares podem ser vistos de qualquer ponto do lado da Terra que estiver no período noturno.

Apesar de o período orbital da Lua ao redor da Terra ser de 27 dias, não ocorrem eclipses solares a cada lua nova, nem eclipses lunares a cada lua cheia. A órbita da Lua tem uma inclinação de aproximadamente $5,2^\circ$ em relação ao plano orbital da Terra (Figura 6). Deste modo, na maioria das vezes em que temos uma lua nova, a sombra da Lua passa acima ou abaixo da Terra, assim como na maioria das vezes em que temos uma lua cheia, a Lua está acima ou abaixo da sombra da Terra.

Figura 6 – Representação dos planos orbitais da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol

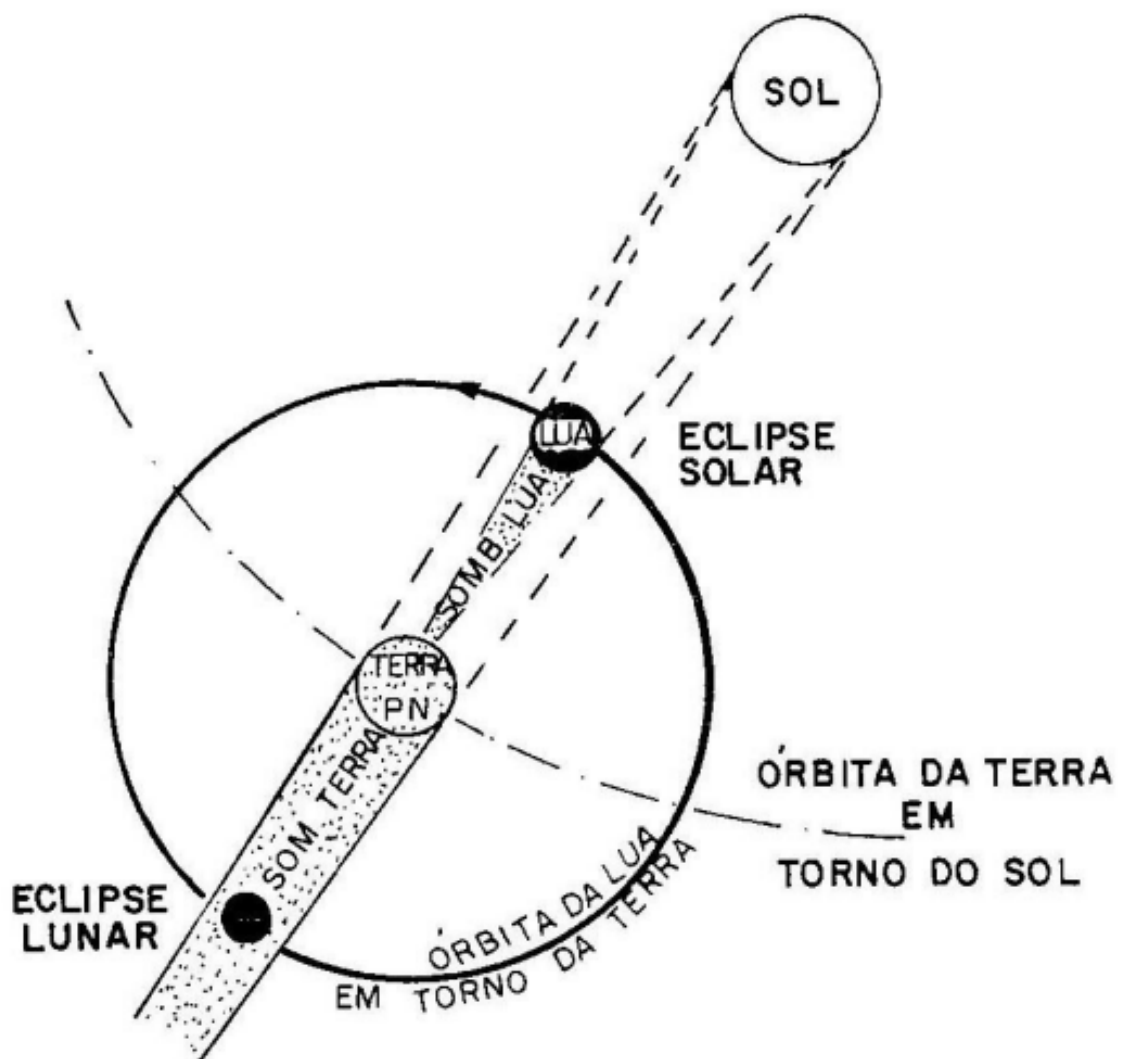


Fonte: Maciel (2022)

² Aqui desconsideramos o efeito de lentes gravitacionais, pois a fonte de luz será o Sol e a Lua não possui massa significativa para que tal efeito seja notado na Terra.

Os eclipses só ocorrem quando a Lua cruza a eclíptica (plano da órbita terrestre). Na Figura 7 são representados o Sol, a Terra e a Lua em duas configurações diferentes: uma em que a Lua está entre o Sol e a Terra, promovendo sombra na Terra, ou seja, durante um eclipse solar; outra na qual a Terra está entre a Lua e o Sol, impedindo que a Lua receba iluminação solar, ou seja, durante um eclipse lunar total. Situações favoráveis a eclipses ocorrem cerca de duas vezes por ano e têm duração de aproximadamente 38 dias. Entretanto, eclipses lunares ocorrem uma ou duas vezes ao longo de um período de 345 dias.

Figura 7 – Posicionamento do Sol, Terra e Lua durante eclipses



Fonte: Maciel (2022)

O fato de a Lua conseguir eclipsar o Sol se deve à proximidade numérica em seus diâmetros angulares, vistos da Terra. Como já discutido na Seção 4.3 a órbita de um satélite natural ao redor de um planeta é elíptica. Apesar da baixa excentricidade da órbita lunar (0,0549), existe uma diferença de mais de 42 mil quilômetros entre o apogeu e o perigeu da Lua. Uma

consequência disso é a diferença no tamanho angular da Lua ao longo da órbita. Quando em um ponto próximo ao perigeu, a Lua encobrirá uma menor porção do Sol, deixando visível uma região que lembra um anel. Neste último caso, chamamos o eclipse solar de anular.

Diferentemente do Sol, a Lua não “desaparece” quando é eclipsada. Ao passar pela atmosfera terrestre, a luz solar sofre refração e, como mencionado na Seção 4.4, a luz azul é filtrada, fazendo com que a Lua receba mais luz vermelha, se mostrando avermelhada. A Figura 8 apresenta uma composição de imagens de um eclipse lunar, bem como seu avermelhamento. Esse efeito pode ser diminuído devido à concentração de partículas que absorvam a luz solar. Eclipses que ocorrem após grandes erupções vulcânicas são bastante escuros.

Figura 8 – Uma composição de sete imagens mostra a Lua cheia no perigeu, ou superlua, durante um eclipse lunar total no domingo, 27 de setembro de 2015, em Denver



Fonte: NASA Planetary Science Division (2022)

4.6 Espectros contínuos

De mesma forma que o espectro de emissão de um átomo tem as mesmas linhas do seu espectro de absorção, uma superfície considerada ideal para emitir luz com espectro contínuo é capaz de absorver todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Essa superfície ideal é chamada corpo negro por se mostrar completamente negra quando iluminada, devido ao fato de não refletir luz. A radiação emitida por esse corpo é chamada radiação de corpo negro. Assim como superfícies perfeitamente lisas, corpos perfeitamente negros não existem, mas são idealizações bastante úteis.

Uma boa aproximação de um corpo negro é uma caixa oca com um pequeno orifício em uma de suas paredes. Um raio de luz que venha a entrar por esse orifício será absorvido e refletido parcialmente sucessivas vezes, de modo que a caixa é um absorvedor quase perfeito. Por outro lado, se a caixa é aquecida, a luz que sai pela abertura é uma radiação de corpo negro quase ideal com espectro contínuo.

4.6.1 Lei de Stefan-Boltzmann

A lei de Stefan-Boltzmann que afirma que o fluxo F (potência média por unidade de área) emitido de uma superfície de um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta T , ou seja

$$F = \sigma T^4, \quad (4.6)$$

em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann, de valor $5,670373(21) \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

A luminosidade L de uma estrela é a energia emitida por segundo, ou seja, a potência. Considerando uma estrela como um corpo negro ideal, podemos obter o valor de L multiplicando a quantidade σT^4 (Equação 4.6) pela área superficial da estrela. Se uma estrela esférica tem raio R , sua área superficial será $4\pi R^2$. Logo, a luminosidade é dada por

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4. \quad (4.7)$$

A Equação 4.7 nos indica que a luminosidade é uma característica intrínseca da estrela, dependendo apenas de seu raio e temperatura.

4.6.2 Lei de Wien

A intensidade da energia emitida não é uniformemente distribuída para todos os comprimentos de onda. Essa distribuição pode ser descrita e quantificada pela função emissão espectral $I(\lambda)$, onde λ é o comprimento de onda. A intensidade total é dada pela integral da função emissão espectral sobre todos os comprimentos de onda:

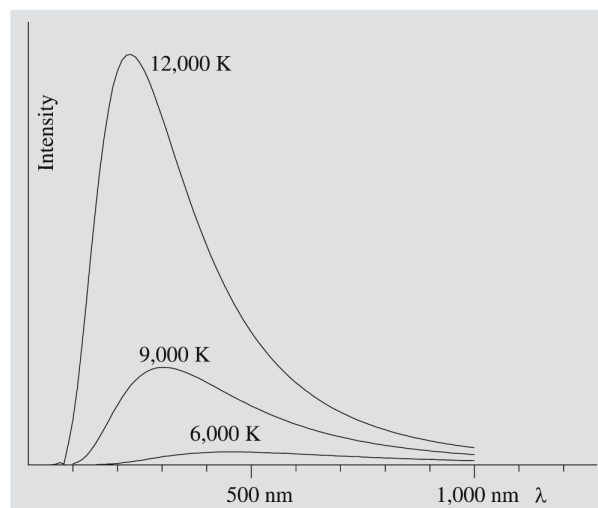
$$I = \int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda, \quad (4.8)$$

que corresponde à área sob a curva $I(\lambda)$ versus λ .

Na Figura 9 são apresentadas medidas da emissão espectral $I(\lambda)$ para um corpo negro em três temperaturas diferentes. É possível perceber que quanto maior a temperatura, maior será o pico da emissão espectral e menor será o comprimento de onda correspondente. Vale destacar o grande salto na intensidade para um pequeno salto nas temperaturas, que estão na razão 4:3:2.

Medidas experimentais mostram que o produto comprimento de onda de pico λ_m por temperatura absoluta T é constante e igual a $2,90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$. Essa relação é chamada lei de Wien.

Figura 9 – Distribuições de emissão espectral de corpos negros à temperatura de 12000 K, 9000 K e 6000 K



Fonte: Karttunen *et al.* (2007)

5 PRODUTO EDUCACIONAL

Mesmo em uma época em que a internet tem um papel importante na vida cotidiana, escolheu-se produzir um material que possa ser disponibilizado em formato impresso, haja vista que, em sua maioria, os livros didáticos são impressos, assim como as provas das olimpíadas para as quais o Guia de Astronomia é direcionado. Neste sentido, a criação de um livro-texto com linguagem acessível foi desenvolvida com o intuito de facilitar a preparação para as olimpíadas de astronomia, dando suporte aos conteúdos já exercitados nas aulas de ciências.

A criação um livro didático voltado para olimpíadas exige pleno conhecimento do estilo de prova da comissão elaboradora de questões. É necessário utilizar-se de linguagem simples, mas suficiente, além de ser fiel aos assuntos mais cobrados, relacionando-os sempre que possível.

O material utilizado para a criação do livro-texto foi o programa computacional Texmaker, um editor de $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, que é um sistema de preparação de documentos. O motivo da escolha do programa, ao invés do tradicional Microsoft Word, se deu pela intenção de produzir um livro com diagramação, formatação e qualidade profissionais.

Tendo alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental II como público alvo, o livro-texto também pode ser utilizado com alunos de ensino médio, seja em aulas de física ou de iniciação à astronomia.

O Guia de Astronomia conta com um total de sete capítulos, sendo eles: Terra, Lua, Sistema Solar, Estrelas, Gravitação, Unidades e Constelações e reconhecimento do céu. Os capítulos são compatíveis com os conteúdos descritos no regulamento da OBA e da ONC. Apesar da ordem de apresentação, é possível estudar os capítulos de forma independente, sem prejuízos. Cada capítulo possui uma breve discussão sobre o assunto, seguida de exercícios, que são questões de edições anteriores da OBA, feitas as devidas adaptações e correções.

O primeiro capítulo do livro, Terra, trata do formato do nosso planeta, atmosfera, rotação, polos, equador, dia e noite, translação da Terra, ano, estações do ano e solstícios e equinócios.

O capítulo seguinte é sobre a Lua, no qual a Lua é implicitamente comparada à Terra, pelo fato de ter formato esférico e apresentar os movimentos de rotação em torno do próprio eixo e translação ao redor da Terra (de maneira similar à Terra ao redor do Sol). Além disso é destacado o fato de o nosso satélite natural, diferentemente do nosso planeta, não possuir atmosfera. Outros tópicos presentes são fases da Lua e eclipses.

Dando continuidade ao Guia, o capítulo três, apresenta os principais objetos do Sistema Solar, explanando os critérios utilizados pela União Astronômica Internacional para classificar alguns desses objetos como planetas e outros como planetas-anões.

No capítulo 4, Estrelas, a lei de Stefan-Boltzmann é apresentada de modo simplificado (sem menção ao nome da lei) para ajudar a compreender a relação entre a luminosidade, o raio e a temperatura de uma estrela.

Avançando para o capítulo seguinte, Gravitação, temos a definição teórica das três Leis de Kepler, bem como um aprofundamento matemático sobre elipses. Neste mesmo capítulo a força gravitacional é discutida.

No penúltimo capítulo do Guia são apresentadas unidades relevantes para o estudo da astronomia, como a unidade astronômica (ua) e o ano-luz.

O último capítulo, Constelações e reconhecimento do céu, apresenta algumas das constelações mais notáveis no céu do Brasil, como as constelações do Cruzeiro do Sul, de Órion e do Escorpião.

Como já mencionado anteriormente, a prova da OBA traz informações que, por muitas vezes, ajudam na resolução das próprias questões. Assim, o texto do Guia foi escrito com o intuito de apresentar os conteúdos que aparecem “embutidos” no enunciado de uma questões típicas da OBA. Deste modo, o estudante tem contato com o assunto completo e só depois resolve uma sequência de questões daquele conteúdo.

Temos como exemplo a nona questão da prova do nível 3 da 23^a OBA¹ (Figura 10), que apresentou as três Leis de Kepler e, em seguida, fez perguntas cujas respostas poderiam ser obtidas no próprio enunciado. No Guia de Astronomia, as Leis de Kepler foram apresentadas na primeira seção do Capítulo 5 - Gravitação (Figura 11). É importante destacar que a relação matemática representada pela 3^a Lei de Kepler não foi mencionada no livro, haja vista que ela nunca foi abordada em edições anteriores da olimpíada. A questão apresentada na OBA aparece somente após a discussão sobre sobre elipses e força gravitacional e peso, mas de forma adaptada, sem o texto sobre as Leis de Kepler (Figura 12). Assim, o texto do livro foi escrito de modo a fornecer a base teórica suficiente para resolver qualquer questão que venha a surgir em provas da OBA.

¹ Questões da prova do nível 3 da 24^a OBA são comentadas no Apêndice A

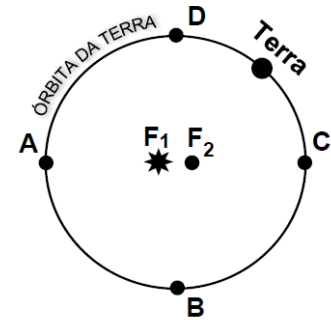
Figura 10 – Nona questão da prova do nível 3 da 23ª OBA

Questão 9) (1 ponto) (0,2 cada acerto) As três Leis de Kepler (1571 – 1630) descrevem os movimentos dos planetas, luas, cometas, satélites artificiais etc e para os planetas dizem o seguinte:

1ª Lei: “A órbita de cada planeta é uma elipse, estando o Sol num dos focos.”

2ª Lei: “Uma linha reta entre o Sol e o planeta “varre” áreas iguais em iguais intervalos de tempos.” Logo, a velocidade do planeta é variável, sendo máxima perto do Sol e mínima longe do Sol.

3ª Lei: “O quadrado do Período (P) dividido pelo cubo da distância (D) média do planeta ao Sol é uma constante (k).” Ou seja, $P^2 / D^3 = k$.



Pergunta 9) A figura mostra a órbita da Terra exageradamente achatada, pois ela é quase circular. F_1 e F_2 são os focos da elipse e estão exageradamente separados. Suponha que o Sol está em F_1 . A Terra se move na sequência A, B, C, D. Assinale a alternativa correta em cada item.

- a) A B - Em qual dos pontos, A ou B, a velocidade da Terra é máxima?
- b) B C - Em qual dos pontos, B ou C, a velocidade da Terra é mínima?
- c) OUTRA ESTRELA NADA - Se o Sol está em F_1 , então, o que existe em F_2 ?
- d) BURACO NEGRO NADA - O que existe exatamente no centro geométrico da elipse?
- e) A B - A velocidade da Terra é crescente quando se aproxima de A ou B?

Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

Figura 11 – Guia de Astronomia: Seção 5.1 - Leis de Kepler

5.1 Leis de Kepler

Por volta de 1605, Johannes Kepler (1571 - 1630) descobriu três leis matemáticas que regem o movimento dos planetas:

1ª lei: “A órbita de um planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos”.

2ª lei: “A linha que liga o Sol e o planeta “varre” áreas iguais em intervalos de tempo iguais”. Isso faz com que velocidade de um planeta seja máxima quando ele está no ponto de sua órbita que é mais próximo do Sol (periélio) e mínima quando ele estiver no ponto mais distante dele (afélio).

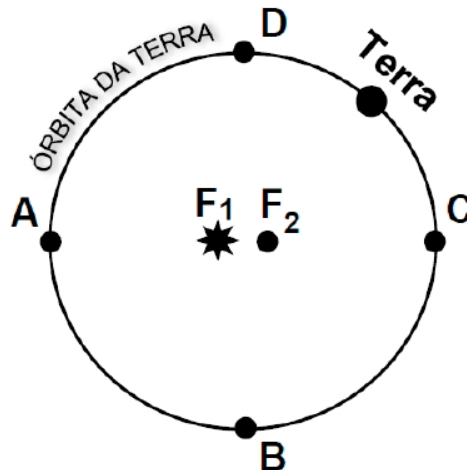
3ª lei: “O período de translação de um planeta ao redor do Sol é proporcional ao semieixo maior da órbita”. Assim, planetas de órbita interna à da Terra demoram menos de 1 ano terrestre para completar sua órbita; já planetas de órbita externa, demoram mais de 1 ano, e quanto mais distantes do Sol, maior é o tempo necessário.

Essas três leis foram elaboradas com base em observações do movimento dos planetas do Sistema Solar ao redor do Sol, mas também são válidas para cometas orbitando o sol, satélites naturais ou artificiais orbitando seus respectivos planetas, e até mesmo planetas de outros sistemas orbitando suas estrelas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 12 – Guia de Astronomia: Capítulo 5 - Exercício 4

4. **(OBA)** A figura mostra a órbita da Terra exageradamente achatada. F_1 e F_2 são os focos da elipse e estão exageradamente separados. Suponha que o Sol está em F_1 . A Terra se move na sequência A, B, C, D. Com base nessas informações, responda as perguntas a seguir.



- Em qual dos pontos a velocidade da Terra é máxima?
- Em qual dos pontos a velocidade da Terra é mínima?
- Se o Sol está em F_1 , então, o que existe em F_2 ?
- O que existe exatamente no centro geométrico da elipse?
- A velocidade da Terra é crescente quando se aproxima de A ou B?

Fonte: elaborado pelo autor.

6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O livro Guia de Astronomia foi aplicado em quatro turmas do 1º ano do Ensino Médio, totalizando 123 alunos, do Colégio Farias Brito, localizado na cidade de Fortaleza, Ceará. O capítulo escolhido foi o quinto, Gravitação, devido ao fato de este assunto ser compatível com um dos capítulos do livro didático adotado pelo colégio. A aplicação ocorreu ao longo de duas aulas, de 50 minutos cada, totalizando 1 h 40 min.

A coleta de dados se deu através de dois formulários virtuais criados a partir da adaptação de questões do Guia de Astronomia na plataforma Google Formulários, cujos links foram disponibilizados através de um código QR projetado nas salas de aula. A adaptação foi necessária para que os dados pudessem ser quantizados de maneira eficiente. Em outros cenários, o professor pode sugerir que os alunos respondam às questões diretamente no material.

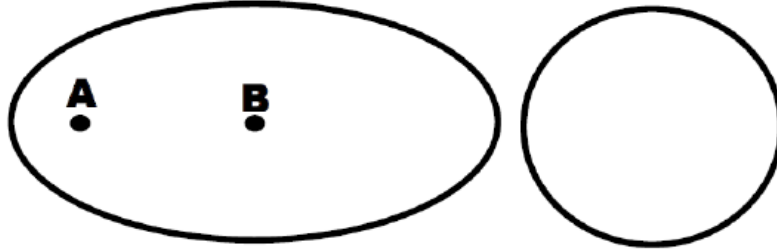
6.1 Formulário inicial: excentricidades das órbitas da Terra e de um cometa ao redor do Sol

Logo no início da aula, disponibilizou-se um formulário (Apêndice B), que continha duas perguntas que tinham como base o exercício 3 do Guia de Astronomia (Figura 13). A primeira tinha como objetivo identificar qual das figuras (imagens de elipses de excentricidades 0; 0,3; 0,6; e 0,9) representava melhor a órbita da Terra ao redor do Sol. O formulário foi criado de modo que as imagens fossem dispostas em ordem aleatória para cada participante, para que não houvesse tendência de marcar a primeira ou a última imagem (Figura 14). Vários alunos chegaram a questionar, afirmando que haviam duas imagens iguais. No caso, as duas imagens eram a elipse de excentricidade 0, que é uma circunferência, e a elipse de excentricidade 0,3, que têm diferença visual mínima. Eles foram orientados a marcar, caso considerassem corretas, qualquer uma das duas, já que não viam diferença entre as imagens ao observá-las através de um smartphone.

O gráfico representado na Figura 15 contém o resultado das respostas à primeira pergunta, mostrando que a maioria dos participantes acredita que a Terra descreve uma órbita ao redor do Sol de excentricidade próxima de 0,6. No Sistema Solar, as órbitas planetárias são de baixa excentricidade, variando de 0,009 (Netuno) até 0,2 (Mercúrio); no caso da Terra, a órbita tem excentricidade 0,02. Assim, depreende-se que a maioria dos alunos tem uma percepção equivocada sobre o formato de órbitas planetárias. Isso, provavelmente, se deve ao fato de vários

Figura 13 – Exercício que foi adaptado para compor as duas perguntas do formulário inicial e três primeiras perguntas do segundo formulário

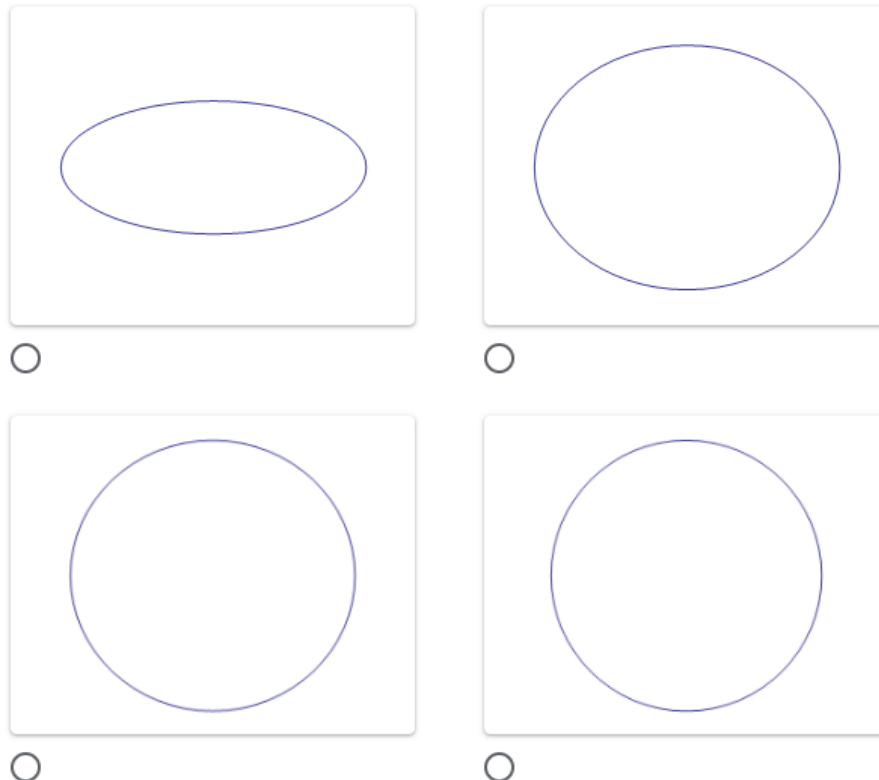
3. (OBA) Na figura abaixo estão representadas as órbitas de um cometa periódico e de um planeta.



- (a) Na Figura da esquerda, faça um X sobre o ponto A ou B que melhor representa a posição do Sol.
 (b) Escreva **COMETA** sobre a figura que melhor representa a órbita de um cometa periódico e escreva **PLANETA** sobre a figura que melhor representa a órbita de um planeta.

Fonte: elaborado pelo autor.

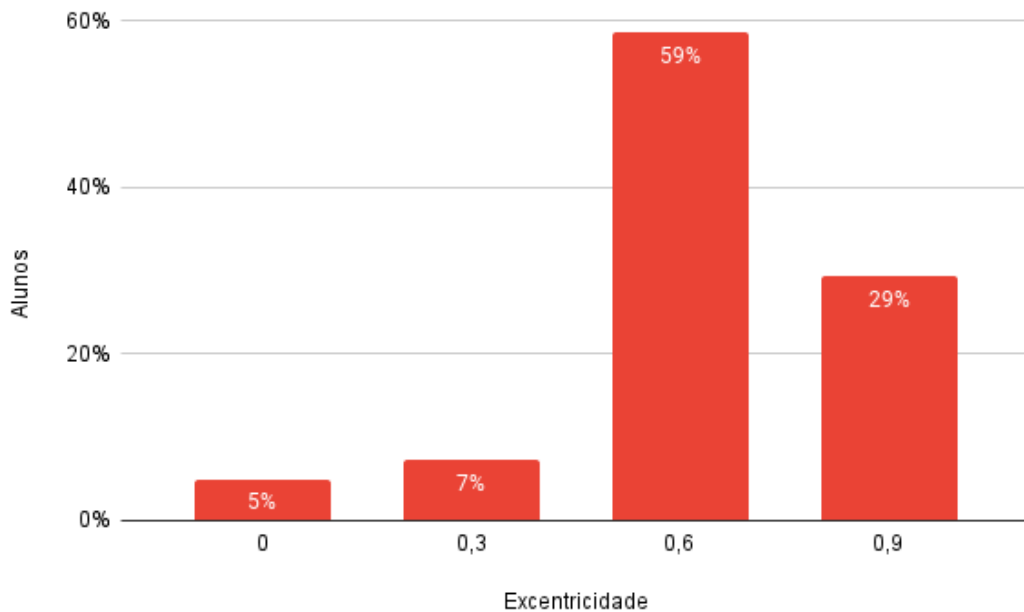
Figura 14 – Exemplo de opções de resposta do formulário inicial



Fonte: elaborado pelo autor.

livros didáticos representarem órbitas bastante excêntricas ao redor do Sol para enfatizar sua característica elíptica. Mais de um quarto dos alunos acredita que um planeta tem órbita de excentricidade próxima de 0,9 e a minoria optou por excentricidades de até 0,3, mais próximas da realidade.

Figura 15 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol?” - Formulário inicial



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os valores 0; 0,3; 0,6 e 0,9 correspondem às excentricidades das elipses exibidas no formulário.

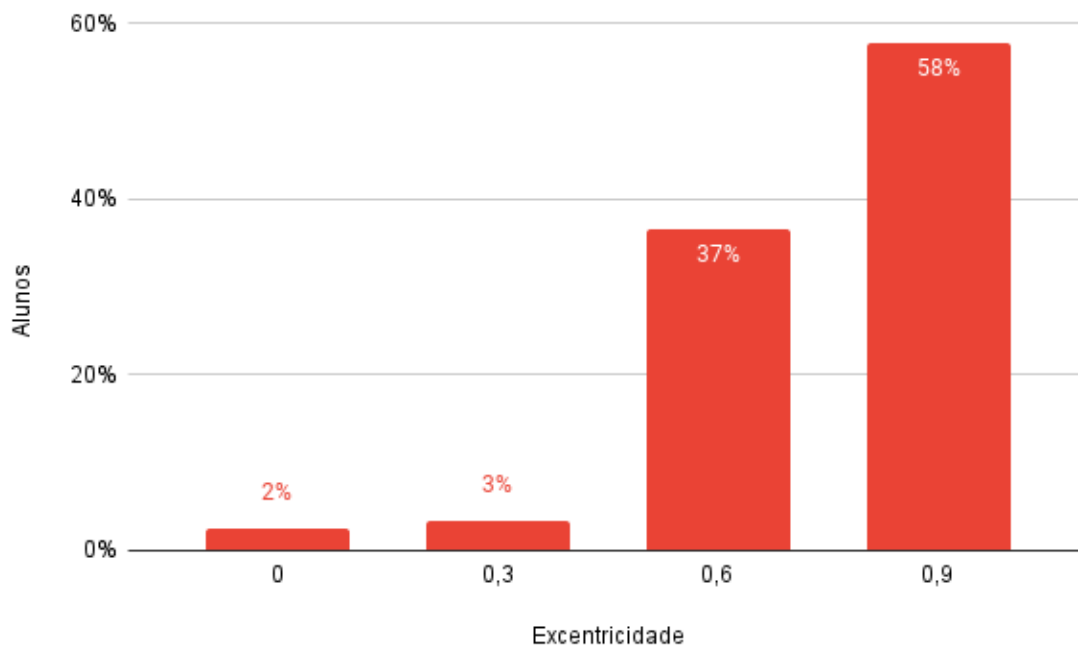
A segunda pergunta era similar à anterior, com a diferença que era relativa à órbita de um cometa ao redor do Sol. Novamente, as opções foram apresentadas em ordem aleatória para cada participante (Figura 14).

O resultado referente à segunda pergunta pode ser visto na Figura 16. Nela podemos notar que a maioria dos alunos acredita que a órbita de um cometa periódico é bastante excêntrica, condizendo com a realidade, já que estes objetos geralmente apresentam órbitas com excentricidades entre 0,5 e 0,99. É importante, também, comparar as respostas às duas perguntas. Mesmo estando equivocados em relação à órbita do nosso planeta, os alunos, em média, consideram a órbita de um cometa mais excêntrica que a órbita de um planeta. Isso pode estar relacionado ao fato do conhecimento comum a respeito do longo período orbital de cometas, a exemplo o cometa Halley, visível somente a cada 75 a 76 anos.

6.2 Utilização do Guia de Astronomia em aula sobre Leis de Kepler

Após a aplicação do primeiro formulário, o Guia de Astronomia foi apresentado aos alunos. Para facilitar a distribuição do material, uma versão reduzida, contendo somente o Capítulo 5: Gravitação, foi disponibilizada na versão impressa (em uma das turmas) e em formato PDF na plataforma Google Classroom (nas demais). O conteúdo do livro foi transposto

Figura 16 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol?” - Formulário inicial



Fonte: elaborado pelo autor.

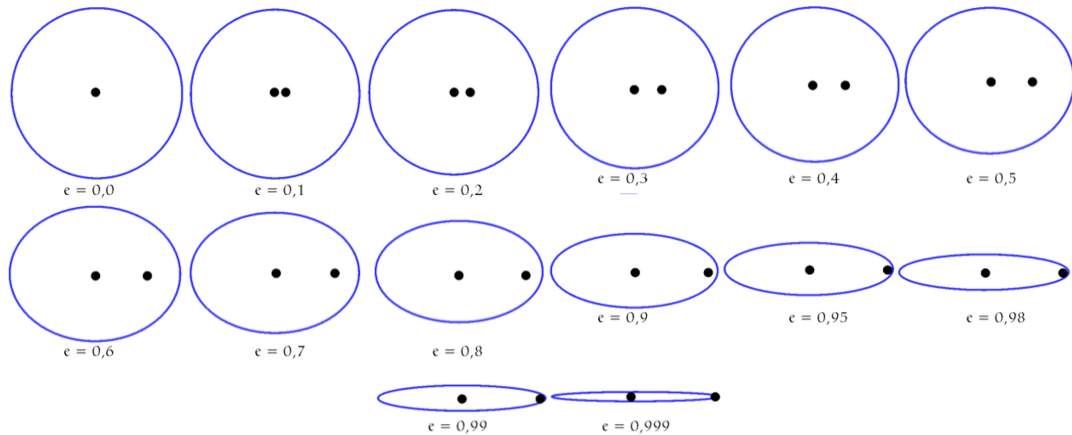
Nota: os valores 0; 0,3; 0,6 e 0,9 correspondem às excentricidades das elipses exibidas no formulário.

para uma apresentação de slides para que a aula pudesse fluir mais facilmente.

A aula teve início pela apresentação de Johannes Kepler e a sua primeira lei. Para facilitar o entendimento do conceito de alipse, foi apresentada uma imagem com 14 elipses de excentricidades que variam de 0,0 até 0,99 (Figura 17, similar à imagem da questão de número 13 do Capítulo 5: Gravitação, Guia de Astronomia). Nas imagens, o ponto central representa o centro da elipse, enquanto que o ponto à direita representa um dos focos dela. A excentricidade dos planetas do Sistema Solar e do cometa Halley foi apresentada e pediu-se que os alunos identificassem a imagem que mais se aproximasse da órbita de cada corpo celeste.

Em seguida, a lei das áreas foi apresentada, destacando-se sua implicação na variação da velocidade orbital de um planeta ao longo de sua órbita. Finalmente, foi enunciada a lei dos períodos de forma qualitativa, destacando-se o fato de objetos próximos ao Sol, como Mercúrio, terem período orbital de poucos meses e objetos mais distantes (Plutão, por exemplo) levarem mais de dois séculos para completar uma volta em torno do Sol.

Figura 17 – Elipses com diferentes excentricidades



Fonte: (CANALLE, 2003)

6.3 Segundo formulário: Leis de Kepler

Para concluir a atividade, foi aplicado um segundo formulário com sete perguntas (Apêndice C), também adaptadas do Guia de Astronomia, sendo as duas primeiras idênticas às do formulário sobre excentricidades.

Comparando as respostas da primeira questão de cada formulário (Figura 18), é possível perceber que a porcentagem de alunos que acreditava que a órbita terrestre era de baixa excentricidade (menor ou igual a 0,3) passou de 12 para 78 por cento. Vale ressaltar que as excentricidades de 0 e 0,3 estão sendo analisadas juntamente pelo fato de a diferença ser imperceptível, principalmente na tela de um smartphone.

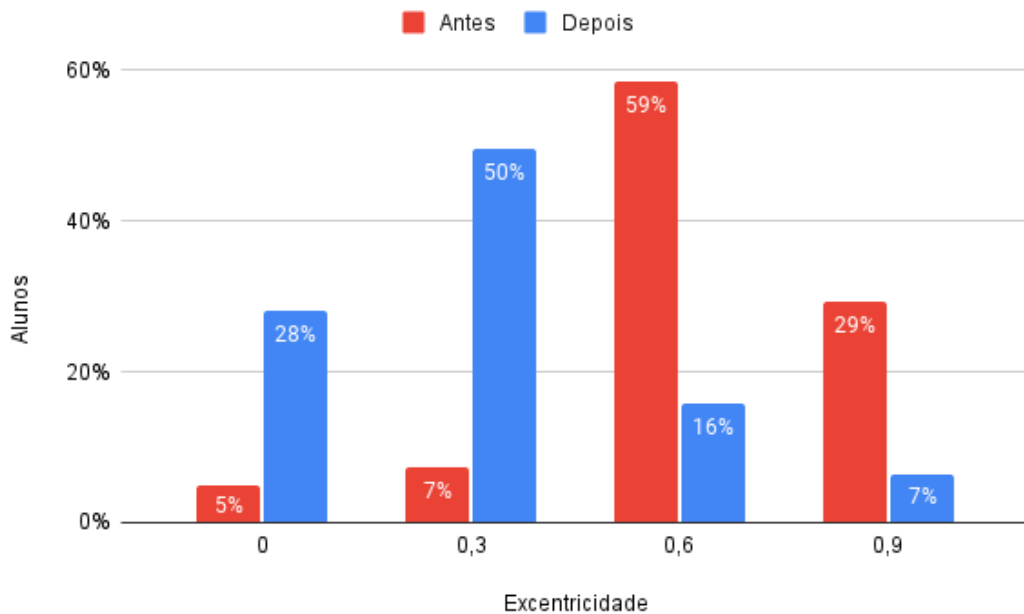
Durante a aplicação deste segundo formulário, os alunos questionaram, novamente, o fato de haver duas figuras “iguais” nas opções de resposta. Eles foram informados que as duas se tratavam de elipses de baixa excentricidade e que eram equivalentes.

Fazendo a comparação entre as respostas da segunda questão de cada formulário (Figura 19), nota-se que a quantidade de alunos que atribuía baixa excentricidade à órbita de cometas foi mantida, enquanto que muitos passaram a associar órbitas muito excêntricas a cometas, haja vista a diminuição das respostas de excentricidade 0,6 e aumento nas de 0,9.

Na questão seguinte, era apresentada a órbita um cometa periódico, uma elipse de excentricidade próxima de 0,9, destacados dois pontos: um dos focos e o centro geométrico. Perguntou-se qual dos pontos melhor representava a posição do Sol e quase 80 por cento dos participantes indicou corretamente que era um dos focos (Figura 20).

As quatro perguntas seguintes também tinham como base um exercício do Guia de Astronomia (Figura 12). Foi apresentada uma figura que mostrava a órbita da Terra de modo

Figura 18 – Gráfico de comparação das respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol?” antes e depois da aula sobre Leis de Kepler



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os valores 0; 0,3; 0,6 e 0,9 correspondem às excentricidades das elipses exibidas no formulário.

achatado, destacados os focos da elipse, com o Sol ocupando um deles. O texto que acompanhava a imagem informava que a Terra se movia na sequência A, B, C, D, que eram pontos da figura, sendo A o periélio, C o afélio e B e D pontos medianos aos arcos ABC e CDA, respectivamente.

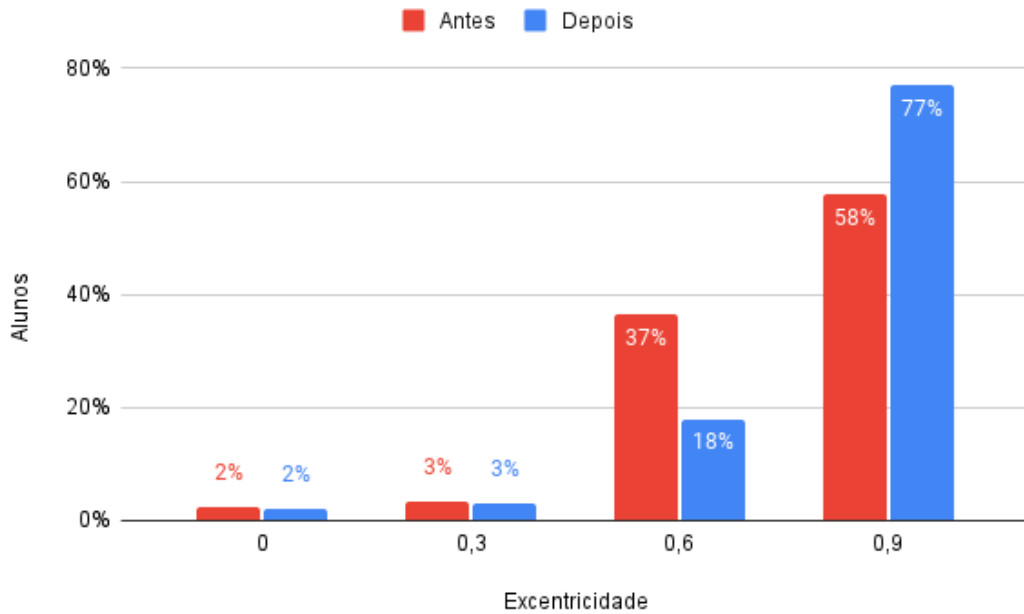
A terceira questão pedia que os participantes identificassem o ponto da órbita no qual a velocidade da Terra é máxima. Como representado na Figura 21, a maioria respondeu corretamente que a Terra atinge velocidade tangencial máxima no periélio.

A questão de número quatro era similar à terceira, diferindo-se somente ao perguntar o ponto da órbita correspondente à mínima velocidade da Terra. Nela, também foi possível perceber que a grande maioria dos alunos respondeu corretamente que a Terra atinge velocidade orbital mínima no afélio.

Na sexta pergunta, “Se o Sol está em F_1 , o que existe em F_2 ?”, mais de 80 por cento dos estudantes optou pela opção “nada”, que era a correta (Figura 23). É válido destacar a falta de atenção, ou até mesmo de conhecimento sobre o Sistema Solar, de mais de um quinto dos estudantes que acreditam haver outra estrela ou mesmo um buraco negro no foco da órbita não ocupado pelo Sol.

A última pergunta, sobre o centro geométrico da elipse, teve resultado similar à do foco não ocupado pelo Sol, com mais de 80 por cento dos alunos escolhendo a opção “nada”

Figura 19 – Gráfico de comparação das respostas à pergunta “Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol?” antes e depois da aula sobre Leis de Kepler



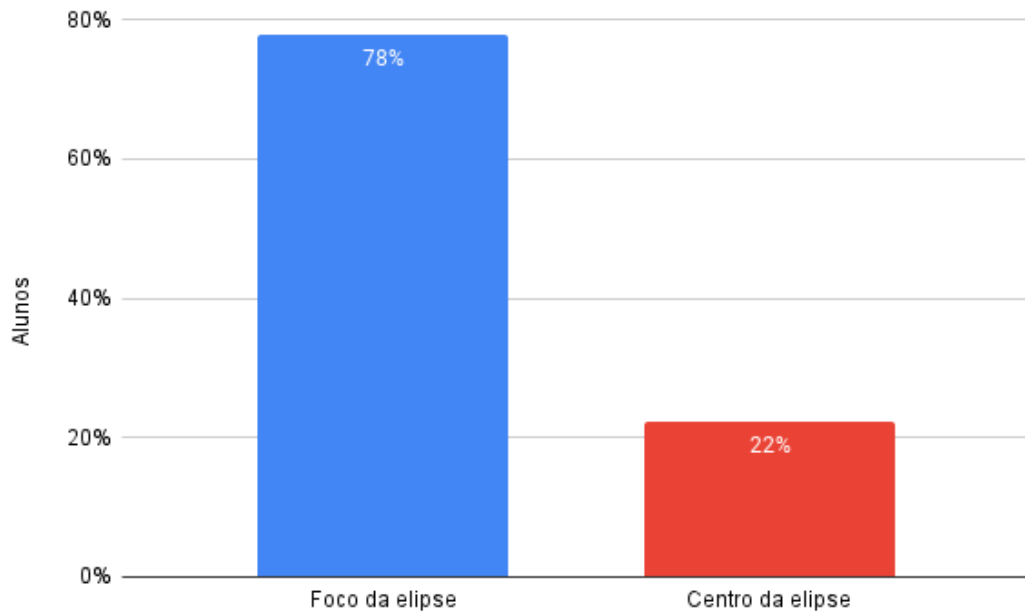
Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os valores 0; 0,3; 0,6 e 0,9 correspondem às excentricidades das elipses exibidas no formulário.

(Figura 24).

Todas as perguntas de ambos os formulários foram configuradas como “obrigatórias”, impedindo que os estudantes enviassem suas respostas com questões pendentes. No final deste segundo formulário havia um campo de preenchimento não obrigatório que permitia que os alunos fizessem um comentário sobre a aula. Praticamente metade dos participantes se dispôs a comentar, sendo a maior parte desses comentários elogios, com algumas poucas exceções que incluíam brincadeiras cotidianas decorridas da relação professor-aluno. Alguns desses comentários são exibidos na Figura 25.

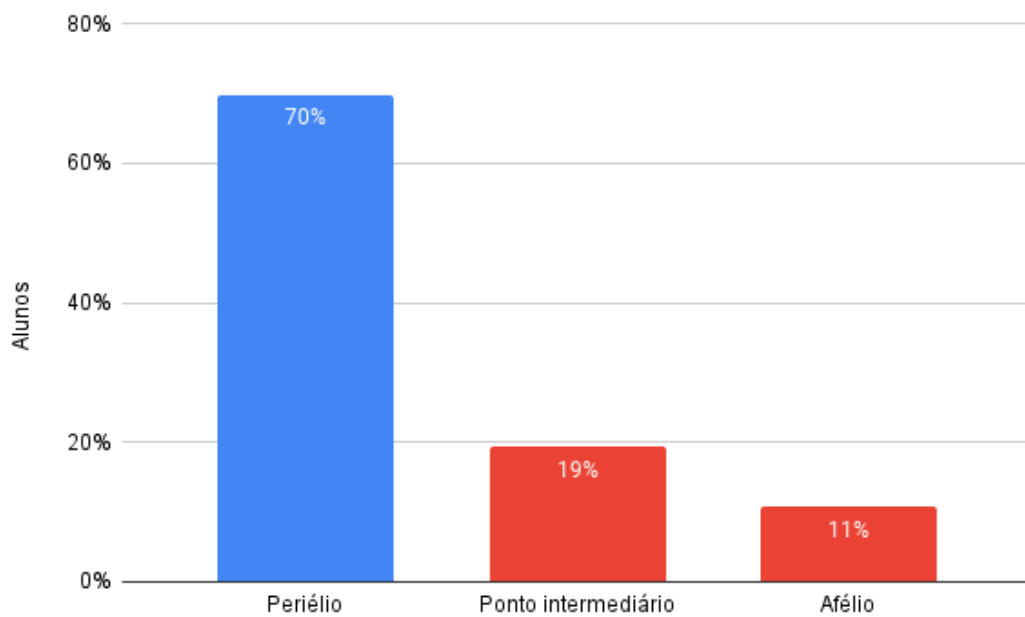
Figura 20 – Gráfico de respostas à pergunta “Qual ponto melhor representa a posição do Sol?”



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os pontos foram exibidos em uma elipse, no formulário.

Figura 21 – Gráfico de respostas à pergunta “Em qual dos pontos a velocidade da Terra é máxima?”

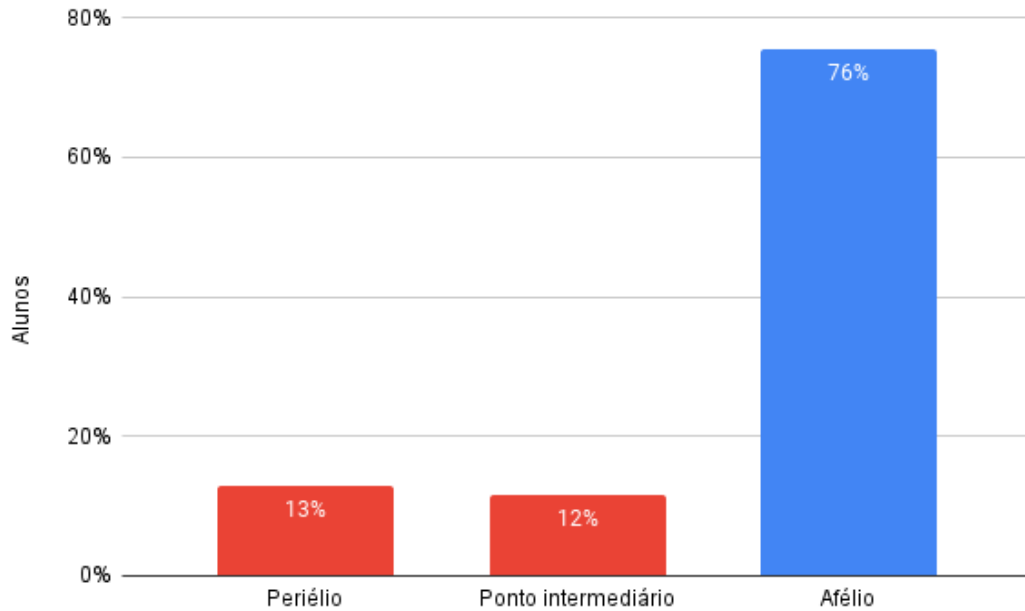


Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os pontos foram exibidos em uma elipse, no formulário.

Anotação: As respostas correspondentes aos pontos C e D foram agrupadas na categoria “ponto intermediário”.

Figura 22 – Gráfico de respostas à pergunta “Em qual dos pontos a velocidade da Terra é mínima?”

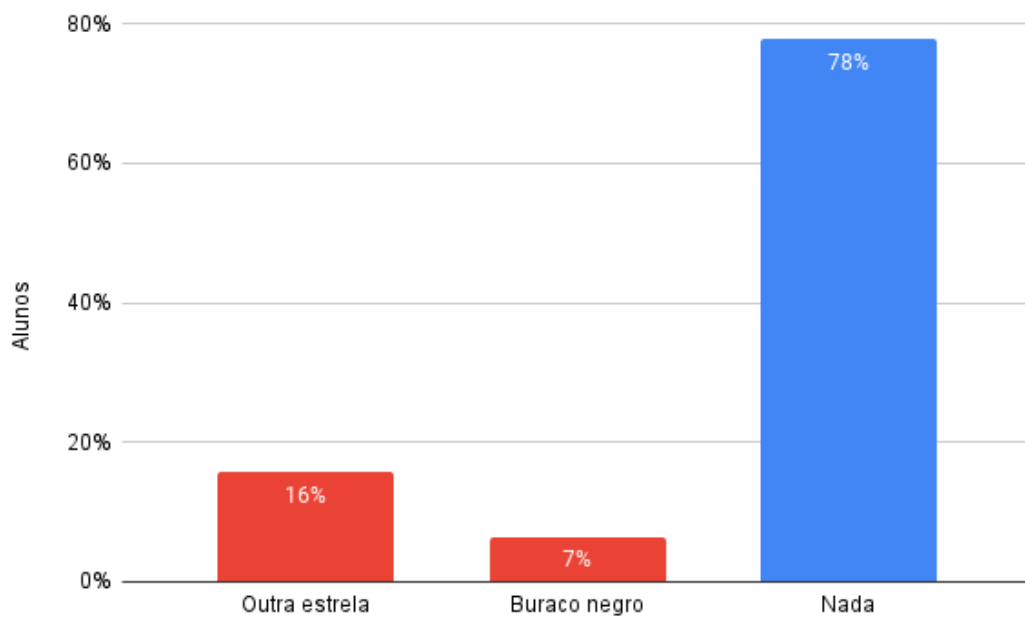


Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: os pontos foram exibidos em uma elipse, no formulário.

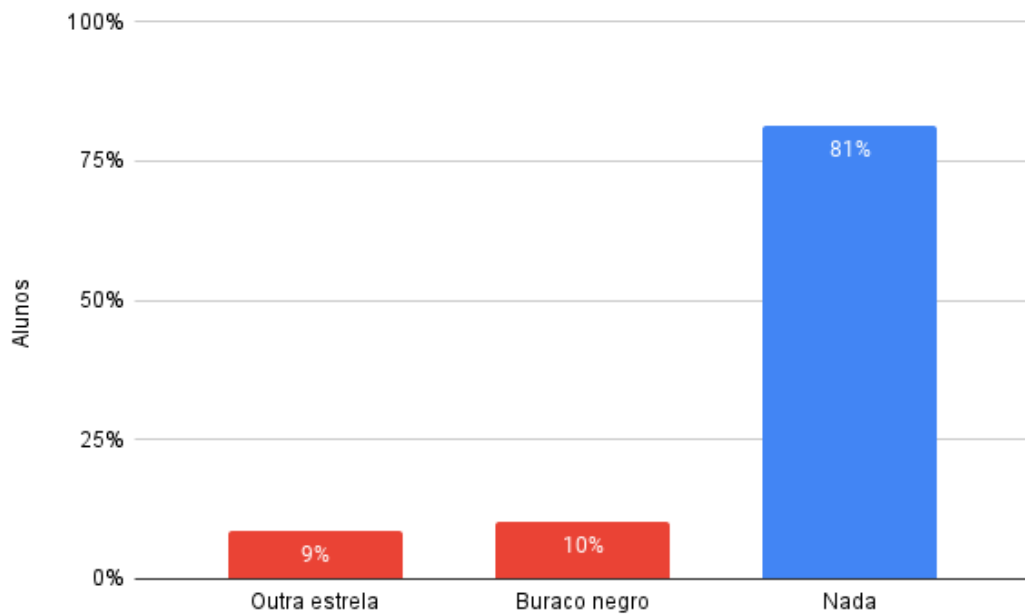
Anotação: As respostas correspondentes aos pontos C e D foram agrupadas na categoria “ponto intermediário”.

Figura 23 – Gráfico de respostas à pergunta “Se o Sol está em F_1 , o que existe em F_2 ?”



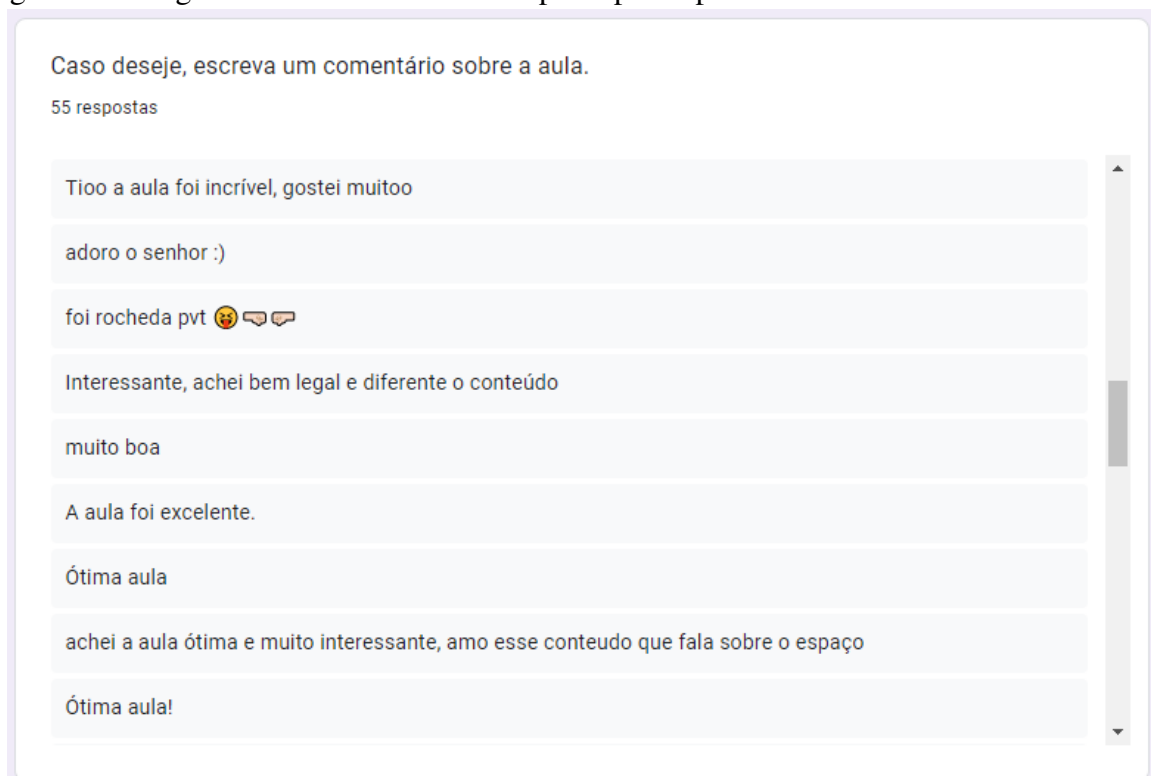
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 – Gráfico de respostas à pergunta “O que existe exatamente no centro geométrico da elipse?”



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 25 – Alguns dos comentários feitos pelos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÃO

A presente dissertação foi desenvolvida com a intenção de criar um produto educacional que tenha como resultado a facilitação no aprendizado de Física. A Astronomia foi escolhida como ênfase por ser uma área para qual diversos conhecimentos convergem.

Este trabalho permitiu que os alunos construíssem seu próprio conhecimento a partir da confrontação entre ideias prévias sobre a Terra e o Sistema Solar e fenômenos que não poderiam ser explicados a partir dessas mesmas ideias.

Os resultados da aplicação do Guia de Astronomia se mostraram positivos tanto no âmbito da aprendizagem como no âmbito do contentamento dos alunos com a aula. Assim, acredito que este material seja capaz de facilitar a aproximação dos estudantes à Astronomia e, finalmente, à Física.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei** nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 23 abr. 2022.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.
- CANALLE, J. B. G. O Problema do Ensino da Órbita da Terra. **Física na Escola**, Sociedade Brasileira de Física, v. 4, n. 2, 2003.
- CANALLE, J. B. G.; REIS NETO, E.; ROJAS, G. A.; NASCIMENTO, J. O.; PESSOA FILHO, J. B.; KLAFKE, J. C. **XXII Olimpíada Brasileira de Astronomia**. Rio de Janeiro: Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, 2019. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio.pdf. Acesso em: 16 jul. 2022.
- KARTTUNEN, H.; KRÖGER, P.; OJA, H.; POUTANEN, M.; DONNER, K. J. **Fundamental Astronomy**. Helsinque: Springer, 2007.
- LAVOURAS, D. F.; CANALLE, J. B. G. I Olimpíada Brasileira de Astronomia. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 39–42, 1999.
- MACIEL, W. J. **Astronomia e astrofísica**: curso de extensão universitária do Departamento de Astronomia - IAG/USP. São Paulo: IAG/USP, 2022.
- NASA PLANETARY SCIENCE DIVISION. **NASA Solar System Exploration**. 2022. Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- OBA - OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. 2022. Disponível em: <http://www.oba.org.br/>. Acesso em: 03 jan. 2021.
- OLIMPÍADA NACIONAL DE CIÊNCIAS. 2022. Disponível em: <https://onciencias.org/>. Acesso em: 05 jan. 2022.
- PARRY, J. Olimpismo para o século XXI. **Ciência e Cultura**, scieloec, v. 68, p. 49–53, 06 2016. ISSN 0009-6725. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000200015&nrm=iso. Acesso em: 02 jul. 2022.
- QUADROS, A. L.; FÁTIMA, Â.; MARTINS, D. C. S.; FREITAS-SILVA, G.; ALEME, H. G.; OLIVEIRA, S. R.; ANDRADE, F. P.; TRISTÃO, J. C.; SANTOS, L. J. Ambientes colaborativos e competitivos: o caso das olimpíadas científicas. **Revista de Educação Pública**, Cuiabá, v. 22, n. 48, p. 149–163, 2013. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/852/653>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II, Sears e Zemansky: termodinâmica e ondas**. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2015.

APÊNDICE A – ANÁLISE E COMENTÁRIO SOBRE QUESTÕES DA PROVA VIRTUAL DO NÍVEL 3 DA 24ª OBA

Com o intuito de gerar provas diferentes para cada participante, as dez questões da 24ª OBA foram escolhidas aleatoriamente de um banco de 30 questões que, em grupos de três, continham o mesmo conteúdo. Desta forma, as três primeiras questões eram idênticas entre si em conteúdo, assim como as três seguintes, e assim por diante. Os itens das questões foram apresentados aos participantes de forma aleatória.

A primeira questão da OBA 2021 (Figura 26) abordou os conteúdos de corpos celestes (estrelas), constelações e reconhecimento de céu. O enunciado definiu brilho aparente de um astro na primeira frase, associando-o à distância entre a fonte luminosa e o observador. O único conhecimento prévio para avaliar corretamente os itens a) e d) era conhecer a estrutura do Sistema Solar, já que a definição de brilho foi dada na questão. O enunciado também continha a informação de que a estrela Antares era muito maior que o Sol, mas para avaliar a afirmação b) era necessário saber previamente que a energia radiada por uma superfície (conhecida na astronomia como luminosidade) é proporcional à área da superfície e à quarta potência da temperatura em kelvin, ou seja, a lei de Stefan-Boltzmann. É inimaginável que um estudante do 6º ano do Ensino Fundamental domine tal assunto.

Entretanto, na prova de 2019 os conceitos de brilho e luminosidade foram diferenciados, bem como foi apresentada uma equação que permitia calcular, em unidades solares, o raio de uma estrela a partir da luminosidade e da temperatura dela. Esses mesmos conceitos também foram explorados na prova de 2020. No item c), sabendo que Antares é mais luminosa que o Sol, é possível imaginar as duas estrelas como duas lâmpadas diferentes, sendo a mais potente associada a Antares. A última afirmação exigia que o estudante tivesse certa experiência em um mapas celestes, sabendo que as “bolinhas” representam estrelas, que o tamanho da “bolinha” é proporcional ao brilho dela e que uma constelação é formada por todas as estrelas dentro da região da constelação. Se esse último item fosse verdadeiro, todas as estrelas da constelação do Escorpião, por exemplo, deveriam ser representadas por “bolinhas” idênticas, o que não é o caso. A classificação espectral fornecida foi apenas informativa.

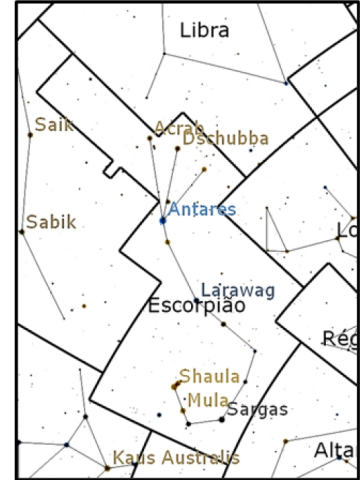
Na questão de número quatro (Figura 27), o principal assunto abordado foi ano-luz. Era necessário ter estudado esse conteúdo previamente para responder os três primeiros e o último item, pois a unidade não foi definida na questão. No item e), temos a repetição do conteúdo de constelações e reconhecimento de céu, que já tinha aparecido na primeira questão. O texto da

Figura 26 – Primeira questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 1) (1 ponto) (0,2 cada acerto) O brilho de uma estrela depende da distância dela até nós, tal qual uma lâmpada, que quando próxima de nós, brilha mais do que quando longe. Para nós, que vivemos na Terra, o Sol é a estrela mais brilhante do céu. Mas a estrela Antares, a mais brilhante da constelação do Escorpião, mostrada na figura, é muito maior do que o Sol. Antares tem diâmetro quase 900 vezes maior do que o do Sol, ou seja, é uma supergigante de cor superficial vermelha.

Coloque **F** para falso ou **V** para verdadeiro nas afirmações abaixo.

- a) () Para nós, o Sol é a estrela mais brilhante do Universo porque está mais perto da Terra.
- b) () Antares brilha menos do que o Sol porque está muito mais longe do que o Sol.
- c) () Se o Sol estivesse na mesma distância em que está Antares, ele seria pouco brilhante.
- d) () O Sol brilha mais do que Antares porque é mais quente.
- e) () O brilho das estrelas depende das constelações nas quais elas estão.



Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

questão anterior afirmava que Antares compunha a constelação do Escorpião, impossibilitando que pertencesse, simultaneamente, à constelação de Órion. A informação sobre a classificação espectral foi, novamente, somente de caráter informativo.

Figura 27 – Quarta questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 4) (1 ponto) (0,2 cada acerto) A estrela Betelgeuse está a aproximadamente 720 anos-luz da Terra e a estrela Antares está a aproximadamente 605 anos-luz da Terra. Ambas são supergigantes vermelhas com diâmetro aproximadamente 900 vezes maior do que o do Sol. Antares tem temperatura superficial de 3500 Kelvin e Betelgeuse é 100 Kelvin mais quente do que Antares e brilha mais.

Coloque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação abaixo.

- a) () A luz que chega de Betelgeuse saiu dela há 720 anos.
- b) () Se virmos hoje que Betelgeuse explodiu numa supernova, de fato ela explodiu há 720 anos.
- c) () Se Antares e Betelgeuse explodirem em supernovas, no mesmo instante, vai nos parecer que Antares explodiu primeiro.
- d) () As estrelas Antares e Betelgeuse pertencem à mesma constelação de Órion.
- e) () A luz emitida por Antares e Betelgeuse chegam instantaneamente na Terra.

Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

A questão seguinte (Figura 28) trazia, novamente, Sistema Solar e corpos celestes

(estrelas), com foco em brilho aparente, já definido na primeira questão. As fases da Lua também foram mencionadas, mas não era necessário compreender o fenômeno para avaliar os itens. Para responder ao item a), basta observar que, como mencionado no enunciado, o Sol é a única fonte de luz primária no Sistema Solar; isso faz com que qualquer corpo que venha a refletir a luz solar acabe absorvendo parte dela e, conseqüentemente, brilhando menos. Os itens b) e c) estão bastante relacionados ao hábito de observar o céu, então estudantes que sabem identificar as fases da Lua poderiam buscar esta memória e responder os itens corretamente. O item d) é contrário ao que se afirma sobre o brilho solar na primeira questão e o último item é contrário à informação de que Antares é maior que o Sol, também já fornecida anteriormente.

Figura 28 – Sétima questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 7) (1 ponto) (0,2 cada acerto) O Sol é o único astro do Sistema Solar que tem luz própria. Todos os demais refletem a luz dele.

Coloque **F** (Falso) ou **V** (Verdadeiro) nas afirmações abaixo.

- a) () O Sol é o astro mais brilhante do Sistema Solar.
- b) () A Lua Cheia, quando visível, é o segundo astro mais brilhante do céu.
- c) () A Lua Quarto Crescente, quando visível, é o segundo astro mais brilhante do céu.
- d) () O Sol visto da Terra ou de Marte tem o mesmo brilho.
- e) () O Sol é o astro mais brilhante do céu porque é a maior estrela do Universo.

Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

A décima questão (Figura 29) foi a primeira de múltipla escolha da prova. Nela temos a apresentação da Primeira Lei de Kepler, aplicada para os planetas, satélites de Júpiter e luas de Júpiter. Além disso, foi utilizado um recurso visual para facilitar a compreensão do que é uma elipse. O comando da questão exigia atenção ao restringir a expressão correta à Terra e seus satélites artificiais, pois os itens b), c) e d), apesar terem afirmações verdadeiras que poderiam ser obtidas do texto-base do enunciado, não se referem aos satélites artificiais da Terra. O último item contradiz as informações contidas na questão. Assim, o raciocínio para garantir que o item a) era o correto¹ poderia ser o seguinte: já que a Lei das Órbitas é válida para satélites artificiais e em todas as situações apresentadas os corpos orbitantes descrevem uma elipse, com o astro orbitado em um dos focos, com os satélites artificiais da Terra não seria diferente.

¹ O leitor pode ter notado que os itens verdadeiros das questões já discutidas são sempre os primeiros, ou o item a), no caso da questão 10. Vale ressaltar que as afirmações aparecem em ordem aleatória para cada participante da prova.

Figura 29 – Décima questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 10) (1 ponto) A Primeira Lei de Kepler, também chamada de Lei das Órbitas, descreve os movimentos dos planetas, luas, cometas e satélites artificiais em torno dos astros nos quais orbitam.

A Primeira Lei de Kepler para os planetas diz o seguinte:

“A órbita de cada planeta é uma elipse, estando o Sol num dos focos.”

A Primeira Lei de Kepler para os satélites de Júpiter diz o seguinte:

“A órbita de cada lua de Júpiter é uma elipse, estando Júpiter num dos focos.”

A Primeira Lei de Kepler para os satélites de Saturno diz o seguinte:

“A órbita de cada lua de Saturno é uma elipse, estando Saturno num dos focos.”

Assinale a expressão correta da Primeira Lei de Kepler para a Terra e seus satélites artificiais.

- a) () A órbita de cada satélite artificial da Terra é uma elipse, estando a Terra num dos focos.
- b) () A órbita de cada lua de Saturno é uma elipse, estando Saturno num dos focos.
- c) () A órbita de cada lua de Júpiter é uma elipse, estando Júpiter num dos focos.
- d) () A órbita de cada planeta é uma elipse, estando o Sol num dos focos.
- e) () Os satélites artificiais não obedecem à Primeira Lei de Kepler.

Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

Avançando para questão 13 (Figura 30), temos novamente as fases da Lua (como visto na questão 7) e representação da órbita Lua, que, com base nas informações da questão anterior, era possível concluir que obedecia à Primeira Lei de Kepler. É comum que as questões da prova tratem de fenômenos astronômicos próximos à data da prova; logo, o fenômeno da super-Lua que ocorreu na véspera do primeiro dia de aplicação da prova era esperado por professores e participantes experientes. Associando as informações fornecidas na primeira frase do enunciado à imagem, que mostrava que o ponto da órbita da Lua mais próximo à Terra é chamado perigeu, já era possível identificar que o item correto era o a). A segunda opção não atendia ao critério de a Lua estar na fase Cheia; já a terceira, não atendia ao critério de a Lua estar no perigeu. Os dois últimos itens exigiam que os participantes pensassem que o fenômeno poderia se repetir em qualquer mês ou ano.

Na penúltima questão de astronomia da prova (Figura 31), temos os seguintes conteúdos: Terra (rotação e pontos cardeais), constelações e reconhecimento do céu, Lua e Sol (eclíptica). O software Stellarium, bastante recorrente nas provas da OBA, é apresentado. Para

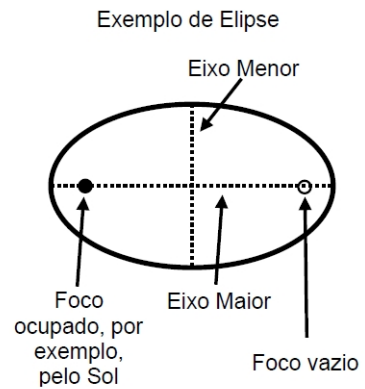
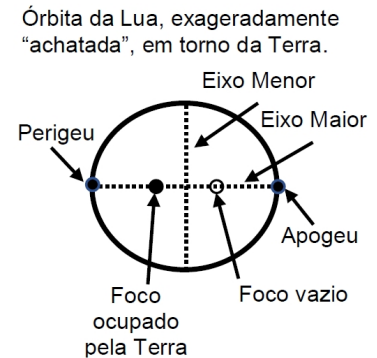


Figura 30 – Décima terceira questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 13) (1 ponto) Quando a Lua está em sua fase Cheia, ou Nova, e acontece dela estar próxima do ponto mais próximo da Terra em seu movimento em torno do nosso planeta, sucede o que ficou conhecido como superlua. Quando acontece dela estar no ponto mais afastado da Terra, dá-se o nome de microlua. Como não podemos ver a superlua Nova no céu, vamos nos referir à superlua Cheia apenas por superlua. No dia 26 de maio de 2021 este fenômeno aconteceu e tivemos a segunda superlua de 2021 (a primeira ocorreu no dia 27 de abril).



Assinale a expressão que explica corretamente a definição da superlua e o local onde ela deve estar em sua órbita.

- a) A superlua ocorre quando a Lua está no perigeu (ou próximo dele) e está na fase Cheia.
- b) A superlua ocorre sempre que a Lua está no perigeu.
- c) A superlua ocorre na sua fase Cheia quando ela está no perigeu ou no apogeu.
- d) A superlua só ocorre em abril e maio.
- e) A superlua só ocorreu em 2021.

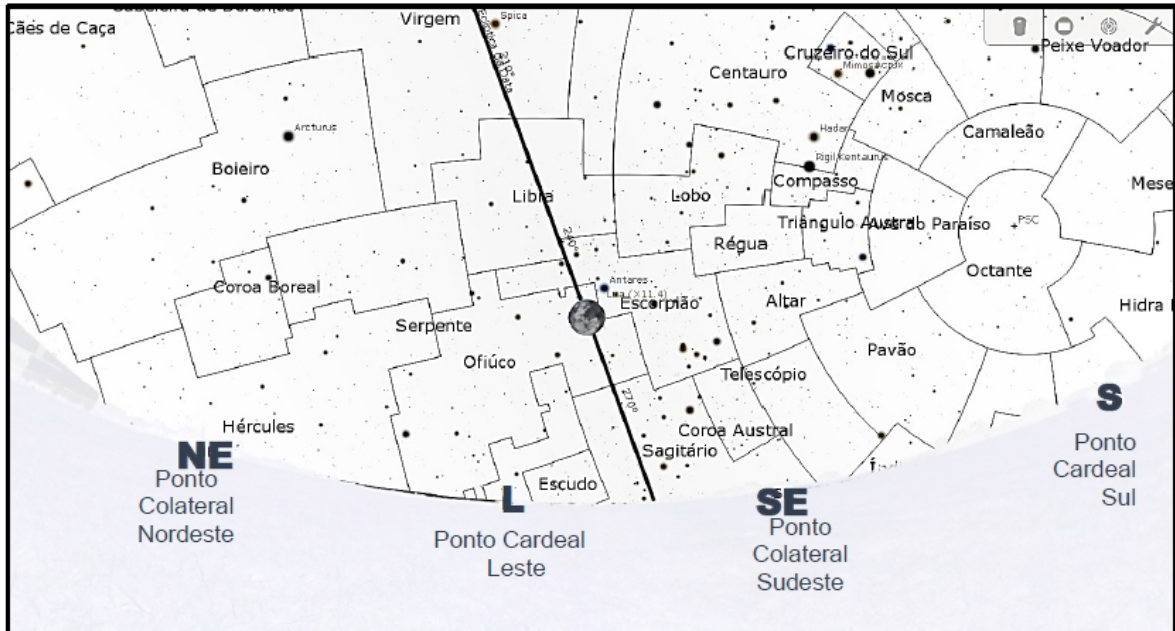
Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

resolver a questão corretamente, é necessário conhecer o movimento de rotação da Terra ao redor de seu próprio eixo e saber que o Sol nasce próximo ao ponto cardinal leste e se põe próximo ao oeste. Com as informações da eclíptica da data, pode-se concluir que a Lua também nasce próxima ao ponto cardinal leste. Como a eclíptica da data está destacada na imagem, é fácil perceber que ela cruza o horizonte (região cinza, sem estrelas) ao sul do ponto cardinal leste, como diz a primeira afirmação. Sabendo que constelação é uma região, é possível identificar que a Lua realmente está cruzando a constelação do Ofíuco, como afirma o item b). Os itens c) e d) eram um pouco mais difíceis, pois era necessário saber que a Lua nasce cerca de 50 minutos mais tarde a cada dia. A partir dessa informação e sabendo que o movimento aparente do satélite na esfera celeste ocorre no sentido leste para oeste, é possível verificar que o item c) é correto, pois a Lua estaria "atrasada" em relação ao dia seguinte. O fato de o item c) ser verdadeiro, invalida o d), assim como a) ser verdadeiro faz com que e) seja falso.

Finalmente, a questão que concluiu a seção de astronomia da OBA de 2021 (Figura 32) trazia, novamente, constelações e reconhecimento do céu e Sol (eclíptica). Para avaliar o primeiro item não era necessário entender que as constelações eram os "cercadinhos" (já explicitado no texto) e imaginar a prolongação das bordas deles, verificando que realmente se interceptam no Polo Celeste Sul. No item seguinte, era necessário saber sobre o movimento aparente das estrelas ao redor dos polos celestes, o que faria com que a constelação do Cruzeiro

Figura 31 – Décima sexta questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 16) (1 ponto) (0,2 cada acerto) A figura, abaixo, retirada do software Stellarium (www.stellarium.org), mostra o horizonte Leste (local onde nasce o Sol), no dia 26/05/21, noite da “superlua Cheia”, conforme vista na cidade do Rio de Janeiro, às 20h. Todos os planetas, além do Sol e da Lua, se movem numa “rodovia estelar” (ou perto dela) chamada de Eclíptica da Data, mostrada na figura.



Baseado na figura, coloque **F** (Falso) ou **V** (Verdadeiro) nas afirmações abaixo.

- A Lua nasceu ao sul do Ponto Cardeal Leste.
- A Lua está cruzando a constelação de Ofiúco.
- Como a Lua nasce cada dia cerca de 50 minutos mais tarde, no dia seguinte, na mesma hora, ela estará na constelação de Sagitário.
- Como a Lua nasce cada dia cerca de 50 minutos mais tarde, no dia seguinte, na mesma hora, ela estará na constelação de Escorpião ou Libra.
- A Lua nasceu ao norte do Ponto Cardeal Leste.

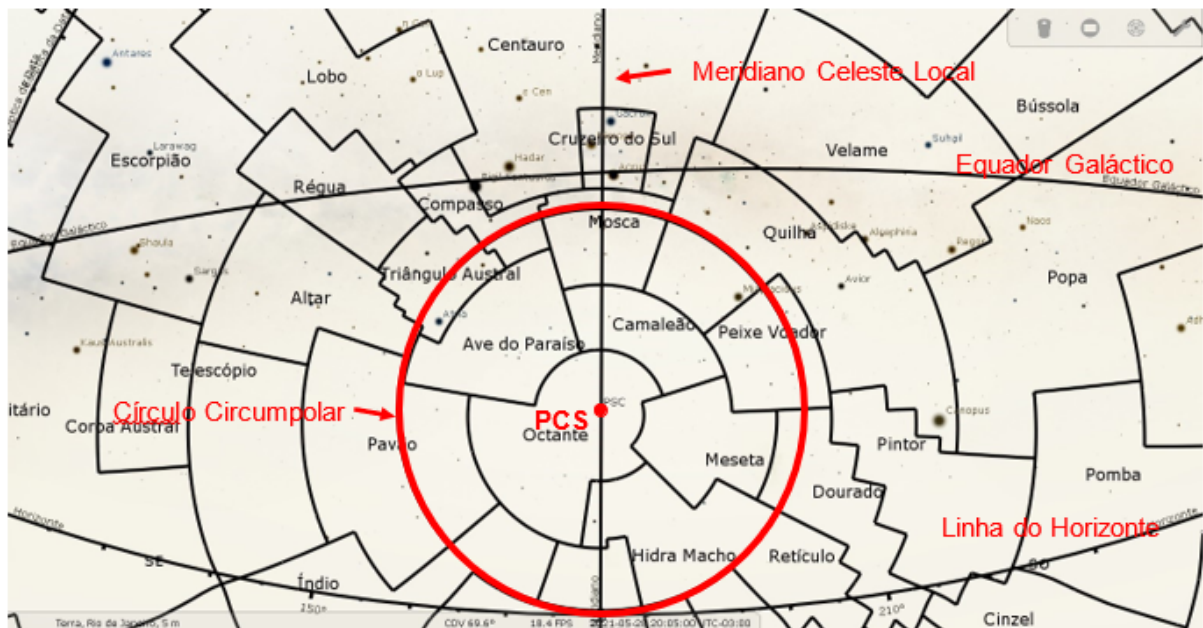
Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

do Sul se posicionasse abaixo da linha do horizonte em algum momento do dia. O item c) exigia apenas que o estudante verificasse no texto que as estrelas do Círculo Circumpolar estão sempre acima da linha do horizonte e que a constelação do Octante pertence ao Círculo. Para avaliar o quarto item, bastava lembrar da informação de que o Sol “se move” na Eclíptica da Data, e não sobre o Equador Galáctico. Na última afirmação, ainda lembrando do movimento aparente das estrelas, era possível avaliar que em algum momento o Cruzeiro do Sul sairia da posição exibida

na imagem, não permanecendo no Meridiano Celeste Local.

Figura 32 – Décima nona questão da prova virtual do nível 3 da 24ª OBA

Questão 19 (1 ponto) (0,2 cada acerto) A figura, abaixo, retirada do software Stellarium (www.stellarium.org), mostra o horizonte Sul, no dia 28/05/21, conforme visto na cidade do Rio de Janeiro, às 20h. Equador Terrestre é o círculo que divide a Terra Hemisfério Norte (HN) e Hemisfério Sul (HS). O Equador Galáctico é um plano que divide a Galáxia em duas partes. A linha do Meridiano Local sai do Polo Geográfico Norte (PGN), passa no ponto onde você está e termina no Polo Geográfico Sul (PGS). Prolongando o eixo de rotação da Terra, ele “fura” o céu de um lado no Polo Celeste Norte (PCN) e do outro no Polo Celeste Sul (PCS). O Meridiano Celeste Local sai do PCN, passa pelo zênite (ponto sobre sua cabeça, mas no céu) e termina no PCS. O Círculo Circumpolar mostra as estrelas que estão sempre acima da linha do horizonte.



Baseado na figura, coloque **F** (Falso) ou **V** (Verdadeiro) nas afirmações abaixo.

- Na figura, prolongando-se os segmentos de retas das bordas de qualquer constelação (“cercadinho”) elas se interceptam no PCS.
- Para o observador do Rio de Janeiro, em algum momento do dia toda a constelação do Cruzeiro do Sul fica abaixo da linha do horizonte.
- A estrela que representa o Distrito Federal na bandeira do Brasil pertence à constelação do Octante, a qual está sempre acima do horizonte.
- O Sol sempre é observado sobre o Equador Galáctico.
- A linha do Meridiano Celeste Local está sempre sobre a constelação do Cruzeiro do Sul.

Fonte: OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (2022).

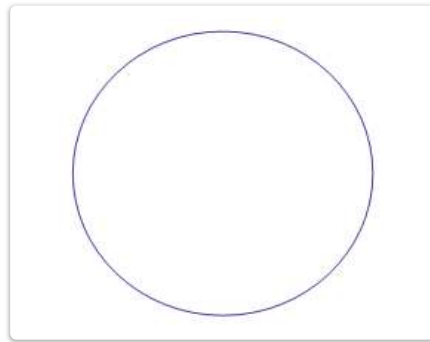
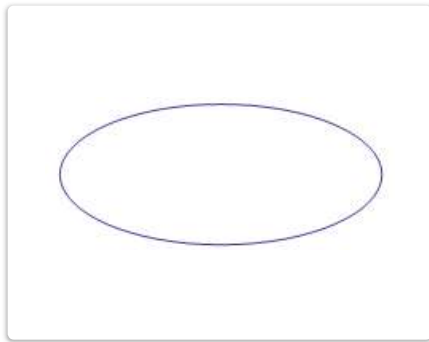
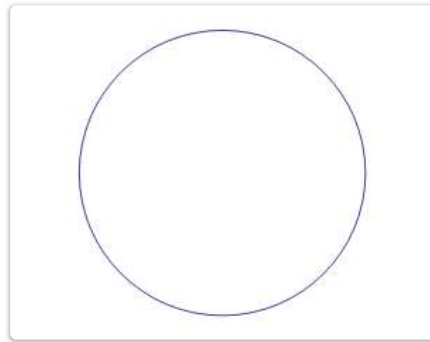
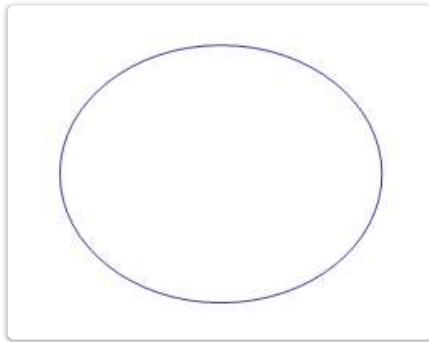
APÊNDICE B – FORMULÁRIO SOBRE EXCENTRICIDADES

Excentricidades

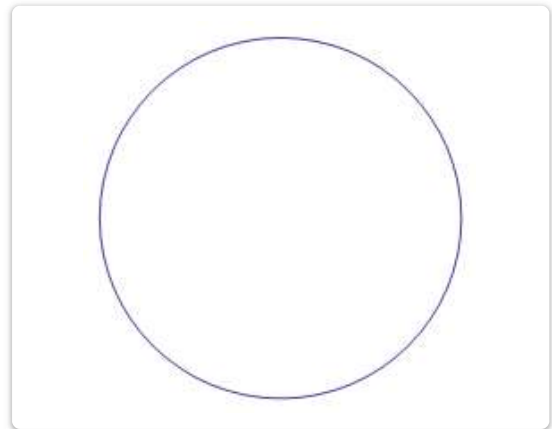
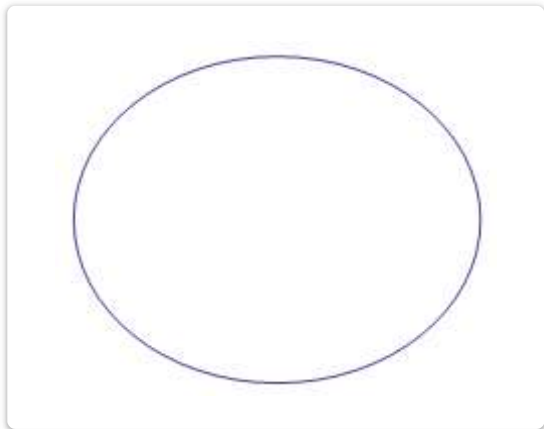
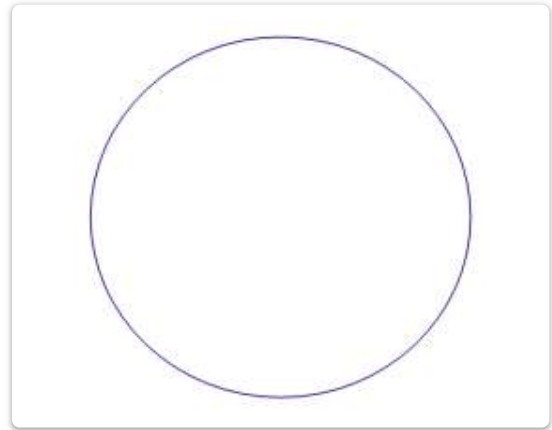
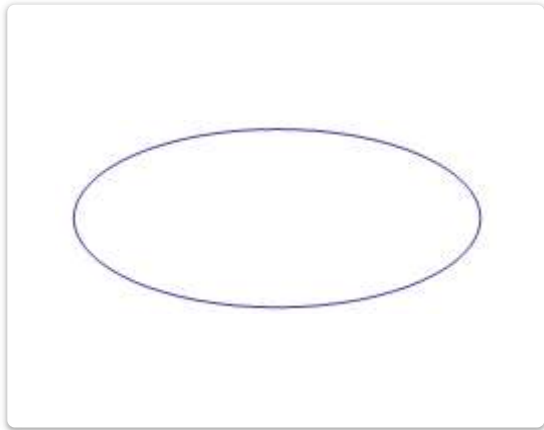
[Faça login no Google](#) para salvar o que você já preencheu. [Saiba mais](#)

*Obrigatório

Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol? *



Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol? *



Enviar

Limpar formulário

Este formulário foi criado em Organização Farias Brito. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários

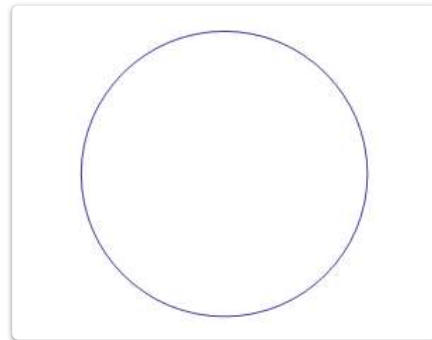
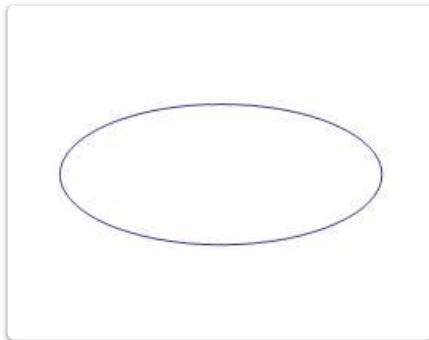
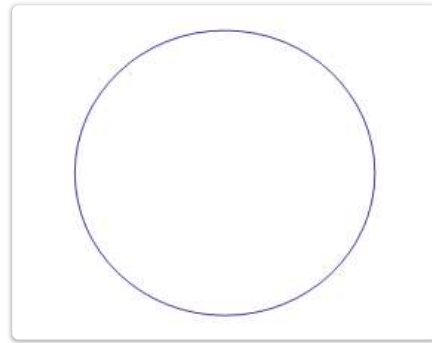
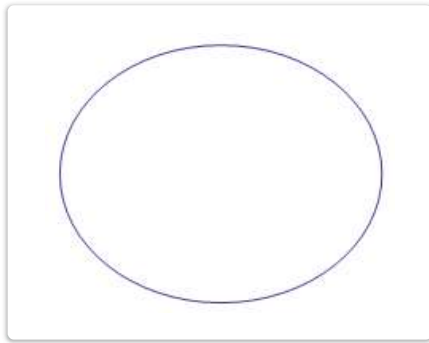


APÊNDICE C – FORMULÁRIO SOBRE LEIS DE KEPLER**Leis de Kepler**

[Faça login no Google](#) para salvar o que você já preencheu. [Saiba mais](#)

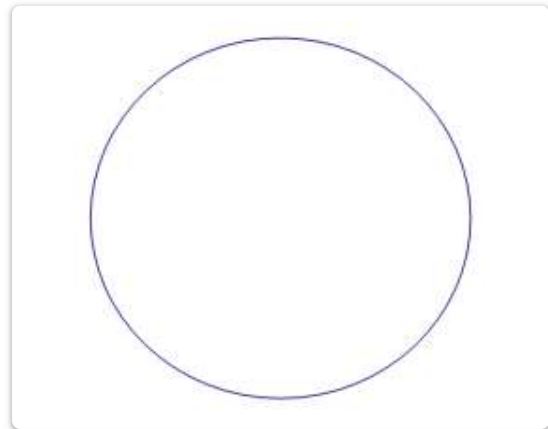
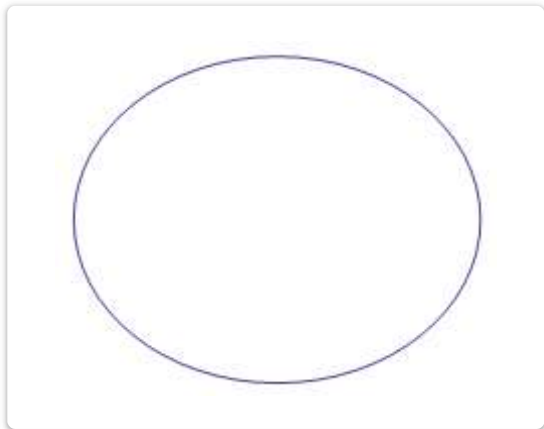
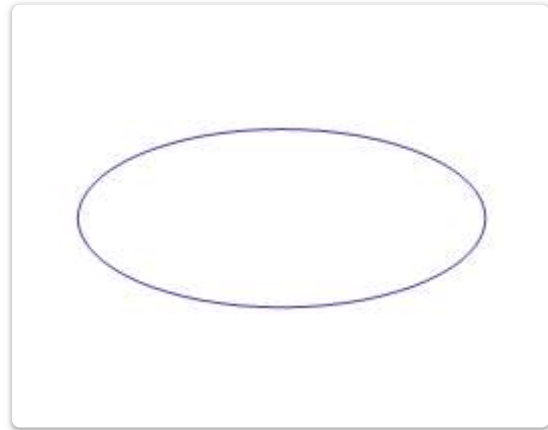
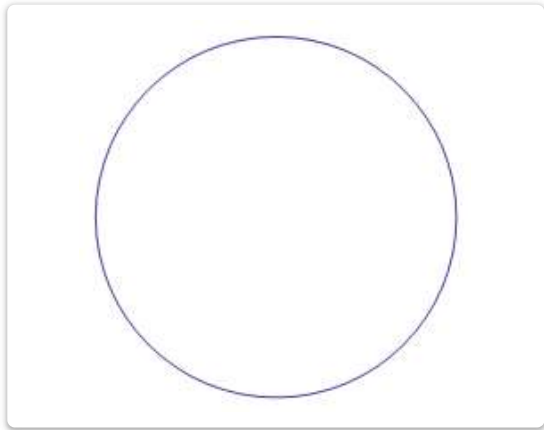
*Obrigatório

Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita da Terra ao redor do Sol? 1 ponto
Sol? *



Qual das figuras a seguir representa melhor a órbita de um cometa ao redor do Sol? *

1 ponto



[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Organização Farias Brito. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários

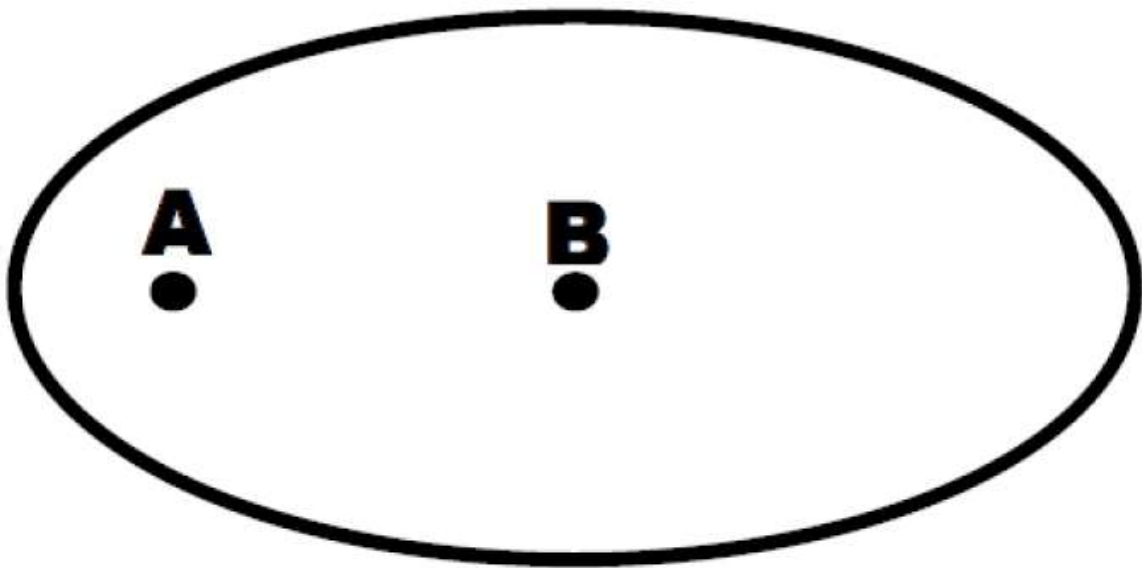


Leis de Kepler

Faça login no Google para salvar o que você já preencheu. Saiba mais

*Obrigatório

Na figura abaixo está representada a órbita de um cometa periódico. Qual ponto melhor representa a posição do Sol? *

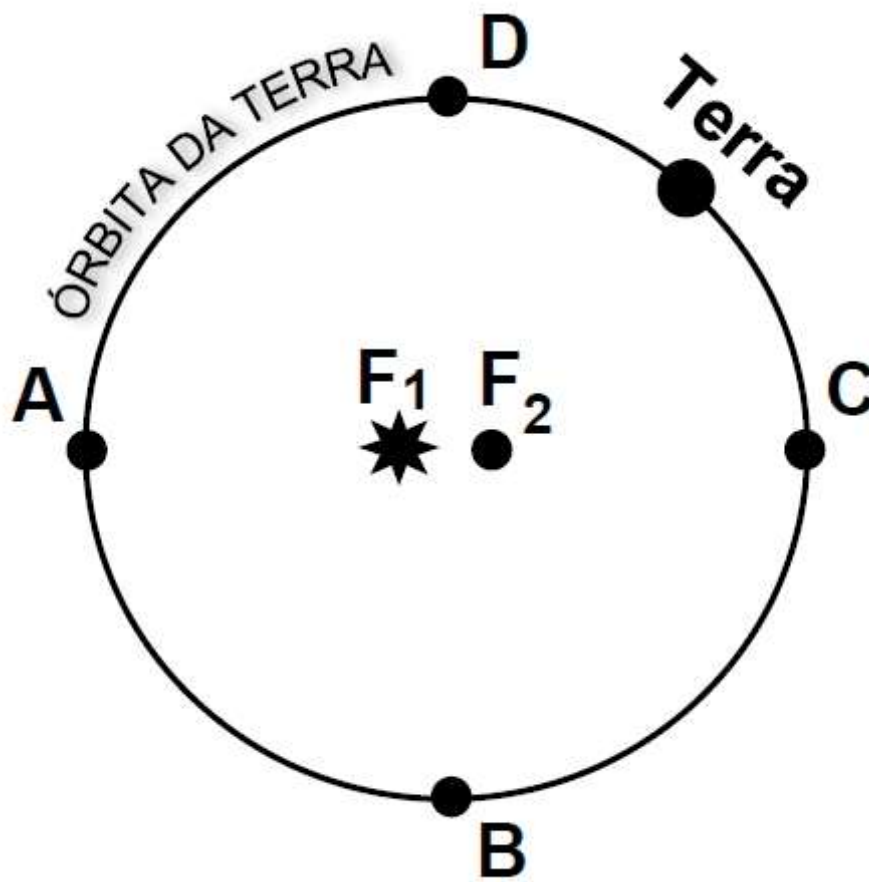


A

B

A figura mostra a órbita da Terra exageradamente achatada. F_1 e F_2 são os focos da elipse e estão exageradamente separados. Suponha que o Sol está em F_1 . A Terra se move na sequência A, B, C, D.





*

2 pontos

A

B

C

D

Em qual dos pontos a velocidade da Terra é máxima?

Em qual dos pontos a velocidade da Terra é mínima?



*

2 pontos

Outra estrela

Buraco negro

Nada

Se o Sol está em F_1 , o que existe em F_2 ?

O que existe exatamente no centro geométrico da elipse

Caso deseje, escreva um comentário sobre a aula.

Sua resposta

Voltar

Enviar

Limpar formulário

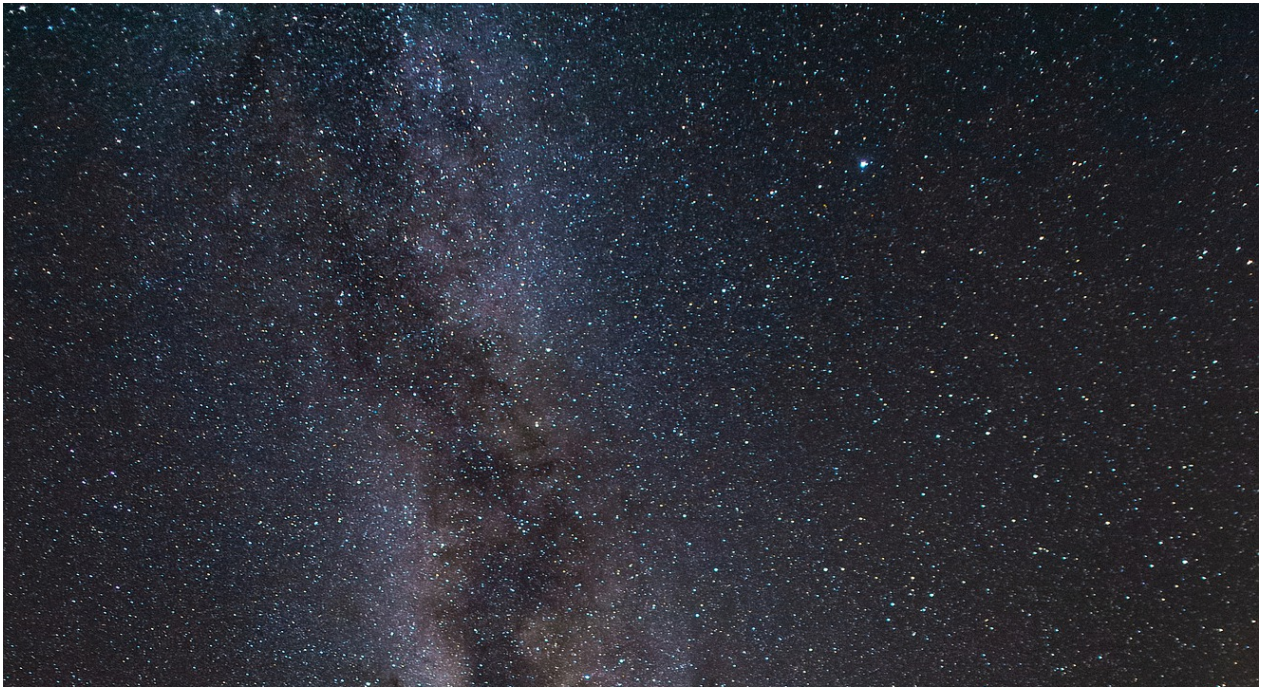
Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Organização Farias Brito. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



APÊNDICE D – GUIA DE ASTRONOMIA



Guia de Astronomia

**Para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)
e Olimpíada Nacional de Ciências (ONC)**

Isaías Batista da Silva Júnior





Sumário

1	Terra	5
1.1	Atmosfera	6
1.2	O dia	6
1.3	O ano	6
1.4	Estações do ano	7
1.5	Exercícios	7
2	Lua	13
2.1	Fases da Lua	13
2.2	Eclipses	14
2.3	Exercícios	15
3	Sistema Solar	23
3.1	Exercícios	25
4	Estrelas	31
4.1	Luminosidade	31
4.2	Classificação espectral	32
4.3	Exercícios	32
5	Gravitação	37
5.1	Leis de Kepler	37
5.1.1	Elipses	37

5.2	Força gravitacional e peso	39
5.3	Exercícios	39
6	Unidades de comprimento	47
6.1	Unidade astronômica	47
6.2	Ano-luz	47
6.3	Exercícios	47
7	Constelações e reconhecimento do céu	49
7.1	Constelações	50
7.2	Exercícios	52
	Bibliografia	61



1. Terra

O nome Terra vem do latim *terra*, que significa solo. Apesar do nome, cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície do nosso planeta é coberta por água. Outro fato relevante sobre a Terra é de que ela tem o formato muito próximo ao de uma esfera. Assim, é possível associar alguns elementos de uma esfera à Terra (Figura 1.1).

O Equador é a linha imaginária que divide o globo terrestre em dois hemisférios: norte (acima do Equador) e sul (abaixo do Equador). Em cada hemisfério, o ponto mais distante do Equador recebe o nome de polo.

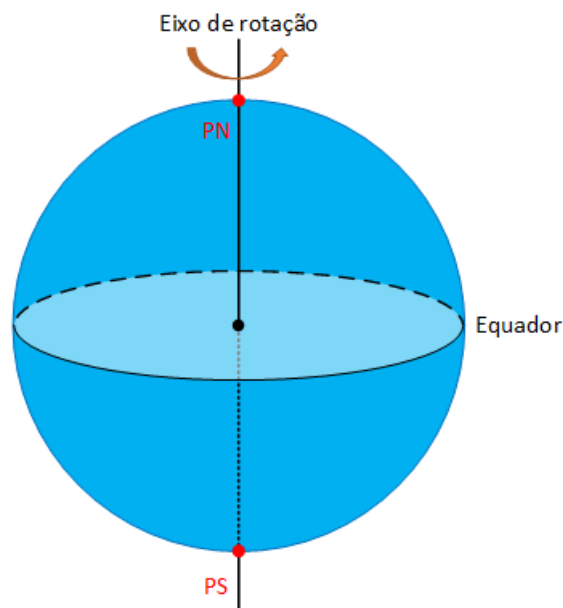


Figura 1.1: Representação esférica da Terra, com Equador, eixo de rotação e polos norte e sul (PN e PS).

A Terra gira ao redor do Sol em um movimento chamado translação. Esse movimento ocorre de tal forma que o eixo de rotação da Terra faz um ângulo de $23,5^\circ$ com a vertical. Ao longo da órbita, diferentes localidades do planeta recebem raios solares que formam um ângulo de 90° com a superfície (dizemos que o Sol está a pino). Por volta de 220 a.C., um sábio grego chamado Eratóstenes percebeu o Sol ficava a pino em Syene (atualmente chamada Aswân) enquanto era possível observar sombras em Alexandria. A única explicação para tal fato é a de que a Terra realmente tem formato circular. A partir da medida do ângulo C representado na Figura 1.2, Eratóstenes conseguiu estimar o raio da Terra.

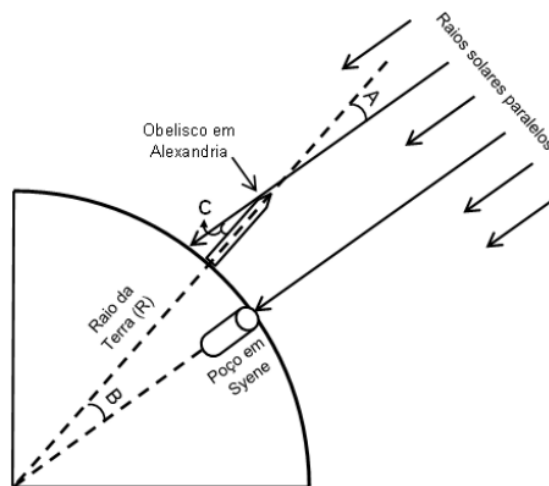


Figura 1.2: Representação da observação de Eratóstenes. Crédito: OBA, 2013.

1.1 Atmosfera

Ao redor da Terra existe uma camada de gases, chamada atmosfera, que impede que o ar que respiramos escape para o espaço. Apesar de o ar ser transparente, quando a luz branca do Sol passa pela atmosfera, ocorre um espalhamento em diversas cores¹, com predominância do azul, o que faz com que o céu se mostre azul durante o dia. Além disso, a Terra, vista do espaço, também apresenta cor azul devido à reflexão dessa cor nos oceanos.

1.2 O dia

O eixo de rotação é a reta imaginária que une os dois polos, passando pelo centro do planeta. É ao redor dessa reta que a Terra gira, demorando um tempo de aproximadamente 24 horas, num movimento chamado rotação. Esse movimento ao redor de si mesma é o que faz com que tenhamos a sensação de que o Sol, a Lua e as estrelas giram ao nosso redor.

1.3 O ano

O tempo necessário para que nosso planeta complete uma volta ao redor do Sol é o que chamamos de ano. Quando esse tempo é medido tomando como referência a posição de outras estrelas temos o que chamamos de ano sideral, que corresponde a 365,2564 dias. Entretanto, a base para o nosso calendário é a data de início das estações (para evitar que a mesma estação inicie em

¹Outro exemplo desse espalhamento da luz branca é o arco-íris. Nele, a luz branca é espalhada em diversas cores, incluindo o azul.

datas diferentes para anos diferentes). Quando medidos o ano dessa maneira, o chamamos de ano tropical, que corresponde a 365,25 dias. Você pode perceber que há uma diferença de 0,25 dia, ou seja, $\frac{1}{4}$ de dia entre essa medida e o nosso ano do calendário, com 365 dias. Essa diferença acumulada ao longo de 4 anos resulta em 1 dia, que deve ser adicionado ao calendário na data de 29 de fevereiro. Assim, os anos que contam com 366 dias são chamados bissextos.

1.4 Estações do ano

A inclinação do eixo de rotação da Terra em relação a seu plano orbital faz com que a incidência de luz solar varie ao longo do ano. Na Figura 1.3 estão representados dois momentos do ano (separados por 6 meses), chamados solstícios (do latim *sol* + *sticium* = parado). À esquerda, a data é próxima a 21 de dezembro, o Sol incide perpendicularmente à superfície terrestre em uma linha paralela ao Equador, chamada Trópico de Capricórnio, que cruza os estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. No solstício de dezembro, o polo Sul tem 24 horas de dia claro², enquanto que o polo Norte tem 24 horas de noite; a ocasião define o início do verão para o hemisfério sul e do inverno para o hemisfério norte.

Seis meses depois, quando a data é próxima a 21 de junho, o Sol incide perpendicularmente à superfície em outra linha paralela ao Equador, chamada Trópico de Câncer. No solstício de junho, a situação dos polos é inversa à de dezembro: agora são 24 horas com o Sol acima do horizonte no polo Sul e 24 horas com o Sol abaixo no horizonte no polo Norte, marcando o início do verão para o hemisfério norte e do inverno para o hemisfério sul.

Existem duas posições intermediárias aos solstícios, chamadas equinócios (do latim *equi* = igual + *nox* = noite). Nessas duas posições, dia e noite têm duração de 12 horas em todas as regiões da Terra, com exceção dos polos, com 24 horas de crepúsculo³. O equinócio de março ocorre em data próxima ao dia 20 e define o início da primavera no hemisfério norte e do outono no hemisfério sul. Já o equinócio de setembro, que ocorre próximo ao dia 22, define o início do outono no hemisfério norte e da primavera no hemisfério sul.

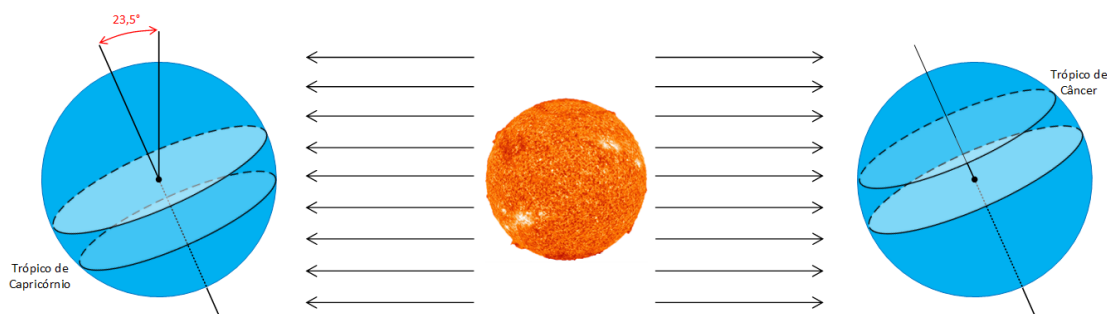


Figura 1.3: Representação fora de escala da Terra no solstício de dezembro (à esquerda) e no solstício de junho (à direita), Sol e raios solares.

1.5 Exercícios

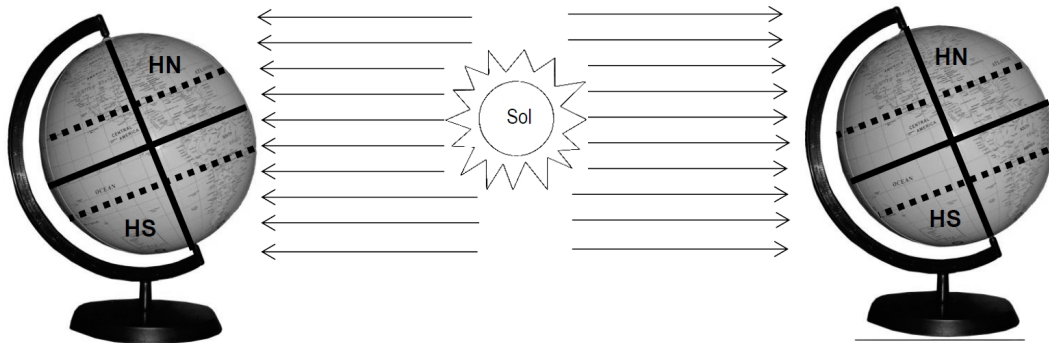
1. (OBA 2020 - Adaptada) Sabendo que 2020 foi bissexto, responda às perguntas a seguir.
 - (a) Em que mês se adiciona um dia quando o ano é bissexto?
 - (b) Quantos dias passa a ter esse mês quando recebe um dia extra?
 - (c) Quando será o próximo ano bissexto?

²Chamamos de dia claro o período entre o nascer e o pôr do sol.

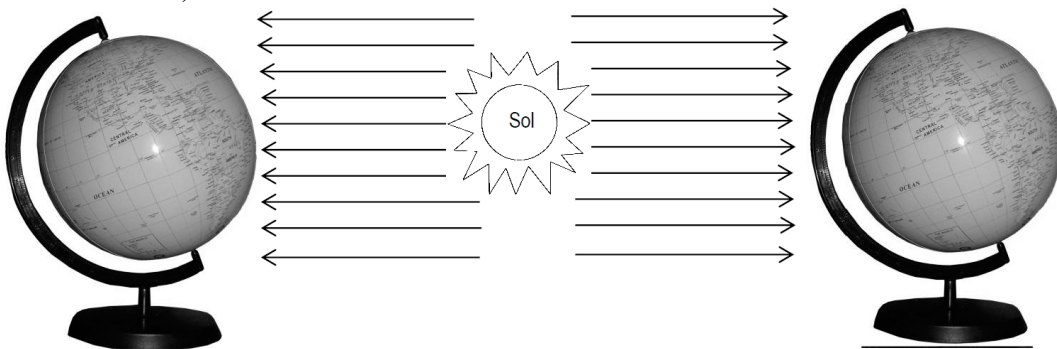
³Crepúsculo é o momento próximo ao pôr do sol (aproximadamente 30 minutos antes).

- (d) Quando foi o último ano bissexto?
- (e) O ano de 2035 será um bissexto?
- (f) Quantos dias tem um ano bissexto?

2. (OBA 2022 - Adaptada) Abaixo está o globo terrestre colocado em dois diferentes instantes ao redor do Sol, aproximadamente à mesma distância do Sol, porém separados por 6 meses. Entre eles está o Sol (desenhado esquematicamente e fora de escala) e os “raios solares”. Dado: Na figura HN = Hemisfério Norte e HS = Hemisfério Sul. As linhas tracejadas representam os Trópicos.



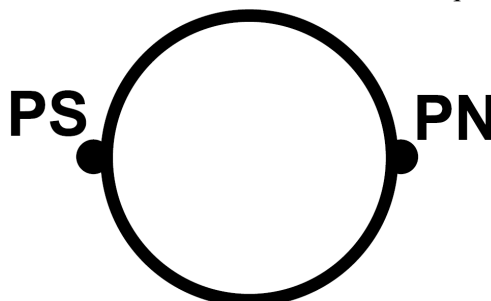
- (a) No globo da esquerda, qual hemisfério está mais ensolarado?
 - (b) O Trópico de Capricórnio fica no HN ou HS?
 - (c) O Trópico de Câncer fica no HN ou HS?
 - (d) No globo da esquerda, qual é a estação do ano no HN?
 - (e) No globo da esquerda, qual dos polos geográficos tem dia claro de 24 horas?
 - (f) No globo da direita, qual é a estação do ano no HN?
 - (g) Supondo que “um dos raios solares” esteja incidindo perpendicularmente ao Trópico de Capricórnio, neste dia está ocorrendo um solstício ou equinócio?
3. (OBA 2018 - Adaptada) Abaixo está o tradicional modelo do globo terrestre colocado em dois diferentes instantes ao redor do Sol. Entre eles está o Sol (desenhado esquematicamente e fora de escala) e os “raios solares”.



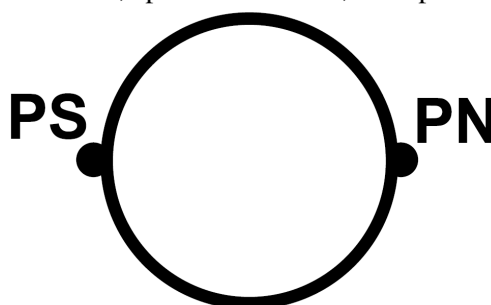
- (a) Use uma reta contínua e desenhe o eixo de rotação da Terra no globo da esquerda.
 - (b) Use uma reta pontilhada e desenhe o equador terrestre no globo da direita.
 - (c) Use uma seta (→) e indique o Polo Geográfico Norte (PGN) e o Polo Geográfico Sul (PGS) no globo da esquerda.
 - (d) Qual hemisfério está mais ensolarado no globo da direita?
 - (e) No globo da esquerda, em qual dos hemisférios a noite é mais longa?
 - (f) Quantos meses são necessários para a Terra ir da posição da esquerda à da direita?
4. (OBA 2015) Os astros giram sobre o seu próprio eixo de rotação e, em geral, ao redor de

outro astro também.

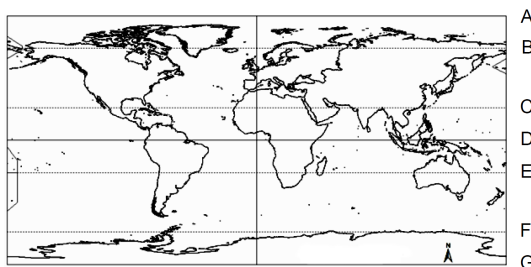
- (a) Abaixo desenhamos a Terra e indicamos onde estão os polo Norte (**PN**) e o polo Sul (**PS**) geográficos. Desenhe sobre a Terra uma **reta contínua** indicando o seu eixo de rotação e uma **reta pontilhada** indicando onde está o seu Equador terrestre.



- (b) Os Trópicos de Capricórnio e de Câncer são as máximas latitudes de cada hemisfério da Terra em que o Sol fica a pino. Copiamos abaixo a figura do item anterior para que você faça uma **reta contínua** onde está, aproximadamente, o Trópico de Capricórnio e uma **reta pontilhada** onde está, aproximadamente, o Trópico de Câncer.



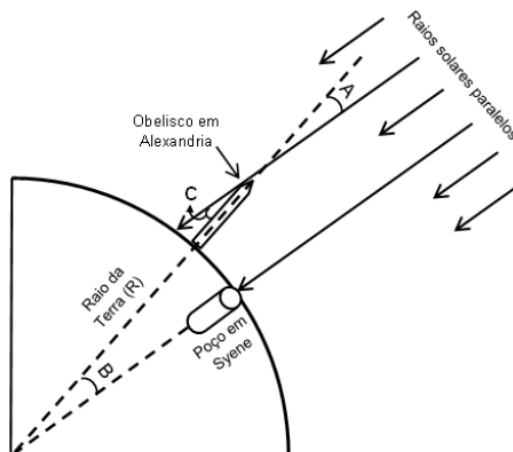
5. (**OBA 2014**) No seu movimento aparente anual, o Sol percorre a eclíptica entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, cruzando a linha do Equador nos dias de Equinócio. No mapa abaixo, está representada uma planificação do mapa-múndi, destacando os dois polos geográficos, o Equador e os quatro paralelos de latitude determinados pelo movimento anual do Sol (círculos polares e trópicos). Eles estão identificados com as letras A, B, C, D, E, F e G à direita do mapa.



Escreva (V) para verdadeiro e (F) para falso ao lado das afirmativas abaixo

- () No planisfério acima, A e G são os polos geográficos NORTE e SUL, respectivamente.
 () No solstício de dezembro (21 ou 22 de dezembro) o Sol está sobre o paralelo E.
 () O Sol passa duas vezes por ano pelo zênite de um observador entre os paralelos B e F.
 () Quando o Sol está sobre o paralelo C tem início o verão no hemisfério Sul.
6. (**OBA 2013 - Adaptada**) Eratóstenes (cerca de 276 a.C. – 193 a.C.), diretor da grande biblioteca de Alexandria, no Egito, percebeu que num certo dia, ao meio-dia, em Syene, uma cidade a 800 km de Alexandria, ao Sul do Egito, o Sol incidia diretamente no fundo de um poço e nenhum obelisco projetava sombra neste instante. Porém, no mesmo dia, em

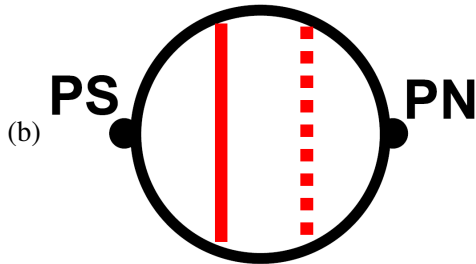
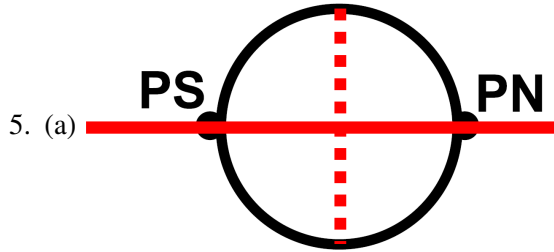
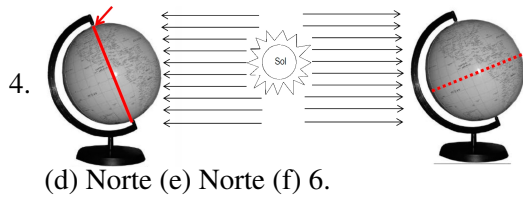
Alexandria, um obelisco projetava uma sombra. Tal fato só seria possível se a Terra fosse esférica, concluiu ele. Eratóstenes mediu o ângulo C , indicado na figura e encontrou o valor de 7° (sete graus). Sabendo que o comprimento de um círculo de raio R mede $2\pi R$ (use $\pi = 3$) e que uma volta completa corresponde a 360 graus, determine o valor encontrado por Eratóstenes para o raio da Terra.



7. (OBA 2011 - Adaptada) Em 2021 comemoramos os 60 anos do primeiro voo ao espaço pelo astronauta russo Yuri Gagarin em 12 de abril de 1961. Ele deu uma volta ao redor da Terra em 108 minutos e disse uma frase muito famosa: “**A Terra é azul**”. Por que Yuri Gagarin disse que a Terra é a azul?
- Na Terra tem mais água do que terra e a água é azul, logo a Terra é azul.
 - O ar é azul, logo, vista do espaço, a Terra é azul.
 - O vidro da janela da nave Vostok 1, onde estava Gagarin, era azul, por isso ele disse que a Terra era azul.
 - A luz branca que vem do Sol é a mistura das cores que vemos no arco-íris, logo o azul está entre elas. A luz azul é a mais espalhada pela atmosfera, para todos os lados, por isso da Terra vemos o céu azul e do espaço parece que toda a Terra é azul.
8. (OBA 2010)
9. (a) Quais são as quatro estações do ano?
(b) Por qual motivo elas ocorrem?
10. (a) Por que existe o dia e a noite?
(b) Como é chamado o movimento da Terra em torno do próprio eixo e quantas horas ele dura?
(c) Um dos movimentos da Terra é chamado de translação. Como é esse movimento?
(d) Quantos dias dura a translação?
11. Se a Terra parasse de girar em torno do próprio eixo, quanto tempo duraria o dia e a noite?

Gabarito

- (d) Sul (f) Verão (g) Solstício.
- (a) Fevereiro (b) 29 (c) 2024 (d) 2020 (e) Não (f) 366.
- (a) HS (b) HS (c) HN (d) Inverno (e) polo



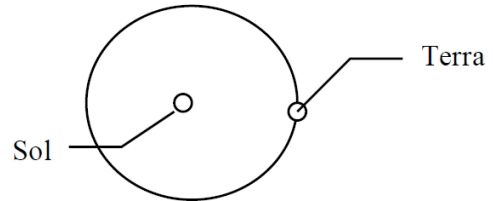
6. V - V - F - F.

7. 6.857 km.

8. (d)

9. (a) Outono, inverno, primavera e verão.
 (b) As estações acontecem devido à inclinação do eixo da Terra com relação à perpendicular ao seu plano orbital.

10. (a) O dia e a noite existem porque a Terra gira em torno do eixo de rotação dela. (b) Chamamos de movimento de rotação e sua duração é de aproximadamente 24 horas. (c) Translação é o nome dado ao movimento da Terra ao redor do Sol.



(d) 365 dias (aproximadamente), ou 365,25 dias.

11. O dia e a noite durariam 6 meses cada.



2. Lua

A Lua é o satélite natural da Terra e o astro mais próximo de nós, o qual conseguimos ver em quase todas as noites. Seu brilho é resultado da reflexão da luz do Sol. Ela tem formato esférico, mas, diferentemente do nosso planeta, não possui atmosfera.

De modo semelhante ao movimento da Terra ao redor do Sol, a Lua gira ao redor da Terra. Esse movimento de translação da Lua ao redor do nosso planeta é fundamental para evitar que asteroides nos atinjam, já que ela tem mais chances de interceptá-los. A interação gravitacional entre nosso planeta e a Lua fez com que, ao longo do tempo, o período de rotação de nosso satélite aumentasse até se igualar ao período de translação, chamado mês sideral, que é de pouco mais de 27 dias. Essa sincronicidade de movimentos faz com que a Lua tenha sempre o mesmo lado voltado para a Terra.

A Terra também sofre efeitos gravitacionais com a Lua, tendo seu período de rotação aumentado em 1,8 milissegundos a cada século. Há estimativas de que há 1,4 bilhão de anos o dia durava pouco menos de 19 horas.

2.1 Fases da Lua

Apesar de nosso satélite estar sempre com a mesma face voltada para a Terra, podemos notar que a Lua se apresenta de forma diferente a cada dia. Isso ocorre porque o Sol só ilumina metade da Lua, assim como faz com a Terra. O fato de a Lua mover-se ao redor da Terra faz com que diferentes partes do satélite estejam voltadas para o Sol, ou seja, nem sempre a face voltada para nós estará completamente iluminada. Quando o Sol ilumina somente a face que não está voltada para nós, temos a fase chamada lua nova. Quando a luz do Sol ilumina completamente o lado da Lua mais próximo de nós, temos a lua cheia.

As quatro fases mais características são, em ordem, lua nova, lua quarto crescente, lua cheia e lua quarto minguante. A Figura 2.1 mostra, no centro, a Lua enquanto gira ao redor da Terra, vista de cima do polo Norte; na parte externa é representada a fase da Lua correspondente a cada ponto da órbita.

Enquanto a Lua gira ao redor da Terra, esta última se desloca em seu movimento de translação ao redor do Sol. Assim, é necessário um tempo além dos 27 dias de translação ao redor da Terra

para que a Lua chegue à mesma fase. Esse tempo corresponde a 29,5 dias e é chamado mês sinódico.

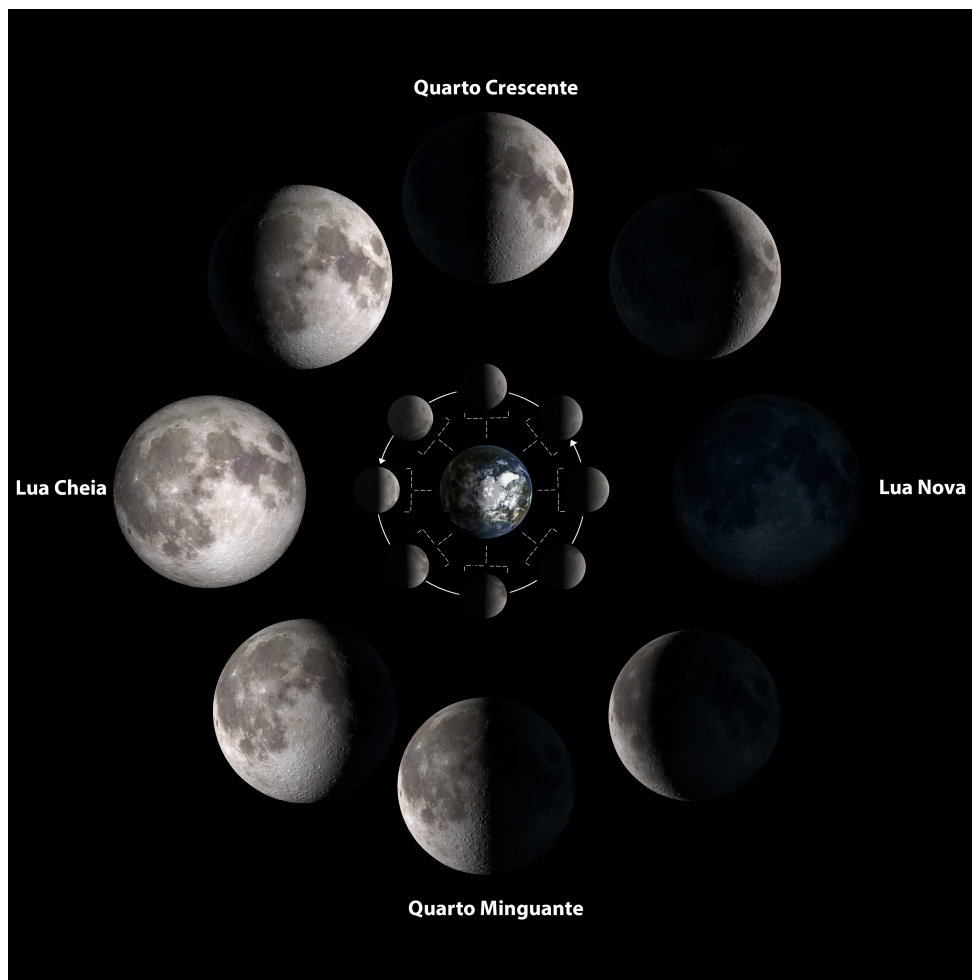


Figura 2.1: Fases da Lua. Crédito: NASA/Bill Dunford

2.2 Eclipses

A palavra eclipse vem do grego *éklepsis*, que significa “não aparecer”. Quando a Lua fica alinhada exatamente entre o Sol e a Terra temos um fenômeno chamado eclipse solar. Nas regiões em que o Sol fica parcialmente encoberto pela Lua tem-se um eclipse solar total. Em outras localidades, a Lua cobre apenas parte do Sol, o que é chamado de eclipse solar parcial. O tempo médio entre dois eclipses solares totais é de um ano e meio.

Assim como o Sol, a Lua também pode ser eclipsada. A Terra, ao ser iluminada pelo Sol, gera uma região de sombra. Quando somente uma parte da sombra da Terra cobre a Lua, temos um eclipse lunar parcial. Entretanto, se a Lua for totalmente coberta pela sombra, chamamos o fenômeno de eclipse lunar total. A Figura 2.2 mostra a Lua em um eclipse total.

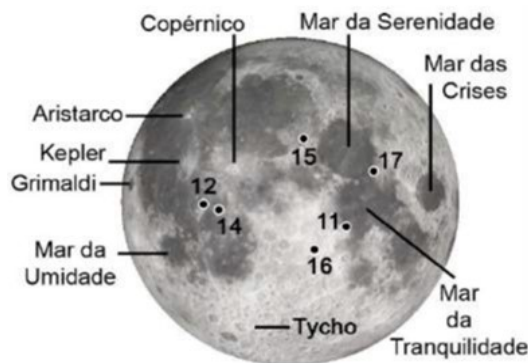
Pode-se pensar que um eclipse solar ou lunar ocorra a cada lua nova ou lua cheia, respectivamente. Entretanto o alinhamento entre Sol, Terra e Lua não é tão recorrente, pois o plano da órbita lunar possui uma inclinação de aproximadamente 5° em relação ao plano orbital da Terra.



Figura 2.2: Uma composição de sete imagens mostra a Lua cheia no perigeu, ou superlua, durante um eclipse lunar total no domingo, 27 de setembro de 2015, em Denver. Crédito: NASA/Bill Ingalls

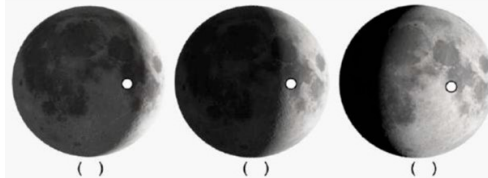
2.3 Exercícios

- O Programa Artemis é um programa de voo espacial tripulado desenvolvido pela NASA, empresas de voo espacial comercial norte-americanas e parceiros internacionais, cujo objetivo é pousar a primeira mulher e o próximo homem na Lua em 2024.
 - Se os astronautas pudessem passar bastante tempo na Lua, eles conseguiriam observar um eclipse solar total? Justifique sua resposta.
 - Dependendo do lugar escolhido para fazer a base na Lua, eles não conseguirão ver a Terra. Que localidade seria essa?
- (OBA 2019)** A missão Apollo 11 pousou no Mar da Tranquilidade em 20 de julho de 1969, transformando Neil A. Armstrong no primeiro homem a pisar na Lua. A imagem abaixo traz o nome de alguns “mares” e crateras famosas, e o local dos pousos das missões Apollo, de 11 a 17.



Os engenheiros e cientistas da NASA estabeleceram que o pouso da Apollo 11 deveria acontecer pouco depois de o Sol ter nascido no local escolhido: o Mar da Tranquilidade.

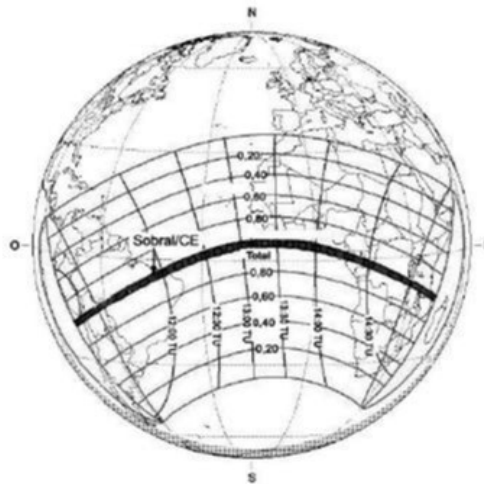
- Assinale a imagem que representa a fase da Lua no dia do pouso da Apollo 11. O local do pouso está marcado em todas as imagens com um círculo branco.



- Escreva **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) na frente de cada afirmação.
 - Mesmo com o Sol já nascido, Neil A. Armstrong podia ver as estrelas no céu da Lua.
 - Os astronautas no Mar da Tranquilidade podiam ver a Terra no céu da Lua.
 - Para os astronautas na superfície da Lua, as constelações eram iguais como vistas na Terra.
 - Os astronautas tiveram que trabalhar rápido, pois em poucas horas o Sol iria se pôr

para eles.

3. **(OBA 2019)** A imagem abaixo traz o globo terrestre com o esquema do famoso eclipse solar de 29 de maio de 1919, o qual também foi visto em Sobral, CE. A observação deste eclipse confirmou a Teoria da Relatividade de Albert Einstein.



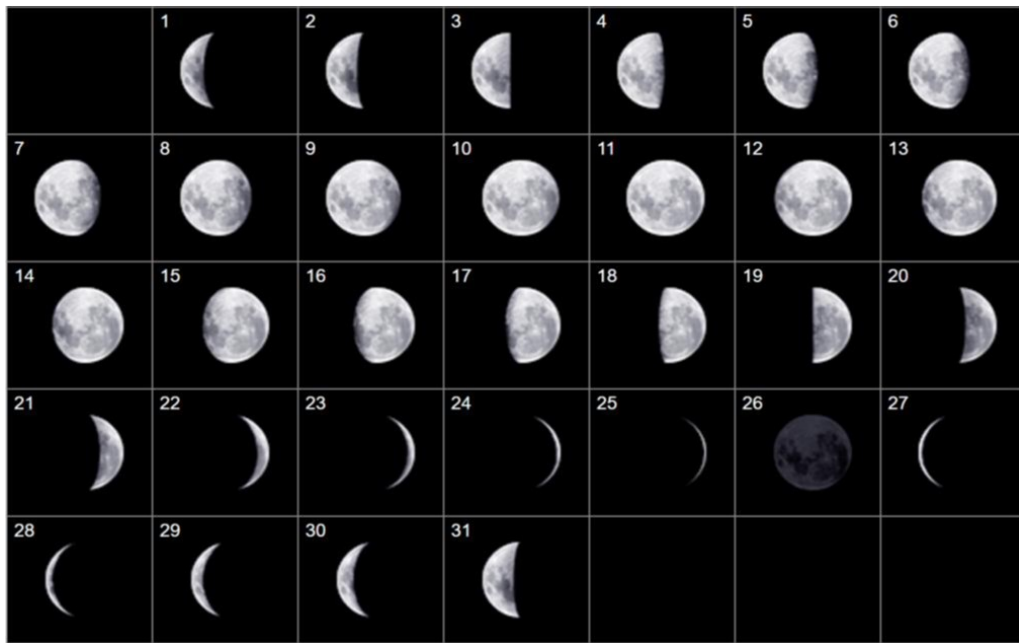
Na figura, a faixa estreita escura representa o caminho que a parte central da sombra da Lua fez na superfície da Terra e de onde o eclipse solar total pôde ser visto. Fora desta faixa, o eclipse foi parcial. E fora do quadriculado a Lua não passou na frente do Sol em momento algum.

No globo terrestre, pinte totalmente as 4 regiões da Terra onde o eclipse solar de maio de 1919 não pôde ser visto em momento algum.

4. **(OBA 2018)** A distância média entre os centros da Terra e da Lua é de 384.000 km e entre os centros da Terra e do Sol é cerca de 150.000.000 km. O diâmetro da Lua é de 3.500 km e o da Terra é de, aproximadamente, 12.800 km.

- (a) Quantas Terras “enfileiradas” cabem entre os centros da Terra e da Lua?
 (b) Quantas vezes o diâmetro da Terra é maior do que o da Lua?

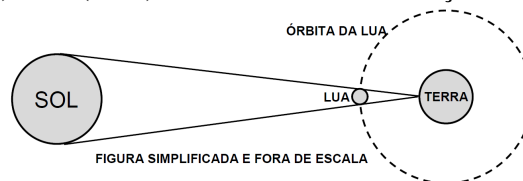
5. **(OBA 2017)** Abaixo temos 31 imagens sequenciais da Lua como vista do Hemisfério Sul.



Qual é o número da imagem acima que melhor representa a fase

- (a) quarto crescente?
- (b) quarto minguante?
- (c) da lua cheia?

6. **(OBA 2014)** Simplificadamente dizemos que um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa na frente dele e o da Lua quando ela passa dentro da sombra da Terra. Escreva **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) na frente de cada afirmação abaixo:



- () Eclipses lunares só ocorrem na lua cheia.
- () Quando os eclipses solares estão ocorrendo podem ser vistos por todos na Terra.
- () O tipo de eclipse representado esquematicamente na figura acima é um eclipse solar.
- () Os eclipses solares e lunares estão relacionados com os solstícios e equinócios, respectivamente.
- () Um eclipse lunar pode ocorrer no dia que segue a um eclipse solar.

7. **(OBA 2011)** Observe as fotografias da Lua abaixo.

- (a) Coloque um X sobre a foto que melhor representa a Lua em sua fase quarto crescente ou quarto minguante.



- (b) Afinal, por que vemos a Lua com diferentes fases?

8. (a) O Brasil e o Japão ficam em lados opostos da Terra. Assim, se os japoneses, numa certa noite, viram a lua cheia, qual será o formato que nós aqui do Brasil vamos ver a Lua nesta mesma noite?
 (b) Por que a Lua tem mais crateras que a Terra se a Terra é muito maior do que a Lua?
9. (OBA 2017) Em 29 de maio de 1919 houve um famoso eclipse solar total, visível em Sobral, CE. Com ele foi possível obter uma das primeiras comprovações da Teoria da Relatividade Geral. Abaixo temos uma sequência de fotos de um eclipse solar anular, similar ao que ocorreu em fevereiro de 2017 e foi visível como parcial em parte do Brasil.

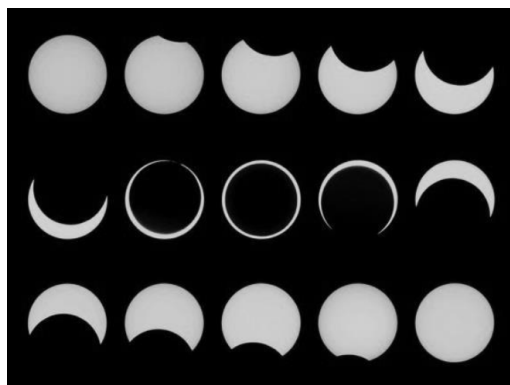
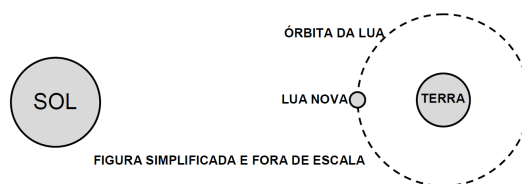


Foto: Associação Astronômica Deneb – Autores: CEREZO, A.; ALEXANDRE, Pablo, MERCHÁN, Jesús e MARSÁN, David.

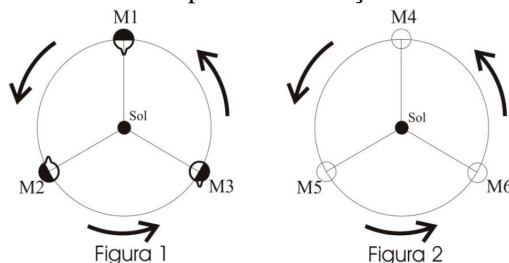
Indique a afirmação correta sobre o que ocorre num eclipse do Sol.

- (a) A Lua está entre o Sol e Terra.
 (b) A Terra está entre o Sol e a Lua.
 (c) O Sol está passando entre a Terra e a Lua.
 (d) A Terra está passando na frente do Sol.
 (e) Um buraco negro está passando na frente do Sol.
10. (OBA 2015) Desenhe na figura abaixo a Lua quando ela está em sua fase cheia, quarto crescente e quarto minguante, supondo que ela esteja girando ao redor da Terra no sentido anti-horário.



11. (OBA 2012) Quando a Lua está mais distante do Sol? Na lua cheia ou na lua nova?
12. (OBA 2006) A Lua gira ao redor da Terra no mesmo intervalo de tempo em que dá uma volta sobre si mesma, isto é, o seu período de rotação em torno do seu próprio eixo é igual ao período de translação ao redor da Terra. Mercúrio, por sua vez, tem um período de rotação de cerca de 59 dias sincronizado na razão $3/2$ com o período de translação que é de 88,5 dias. Isto é, **três rotações do planeta correspondem duas de suas translações em torno do Sol**. Na figura 1, na posição M1 mostramos, esquematicamente, a posição de Mercúrio num ponto de sua órbita vista “de cima”, em que a saliência no disco é uma referência em seu equador. Em M2, mostramos como Mercúrio está após ter completado $1/3$ de sua órbita e, portanto,

completado 1/2 volta sobre seu próprio eixo, em virtude da razão entre o período rotacional e o orbital ser de 3/2. Em M3, mostramos como o planeta está após ter completado 2/3 de sua órbita, ou seja, Mercúrio deu uma volta em torno de seu eixo neste intervalo de tempo. Na figura 2 temos as posições de Mercúrio em imediata sequência a M3, ou seja, em M4 o planeta terá completado uma volta completa com relação a M1 e assim por diante.

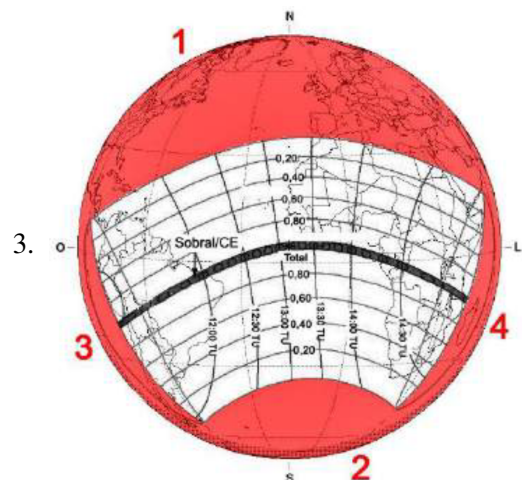


- (a) Desenhe a posição dos dias e noites em cada uma das posições da figura 2. Cubra o hemisfério correspondente à noite como na figura 1.
- (b) Desenhe na figura 2 o local exato da protuberância no equador de Mercúrio nas posições M4, M5 e M6, isto é, decorridos uma órbita completa a partir de M1, M2, M3, respectivamente.
13. **(OBA 2003 - Adaptada)** Apesar de Plutão ser bem pequeno e muito distante de nós, já temos bastante informações sobre ele. Por exemplo, sabemos que uma de suas luas, Caronte, fica sempre com a mesma face virada para Plutão e Plutão também fica sempre com a mesma face virada para Caronte. Se você morasse em Plutão na face (ou hemisfério) que fica virada para Caronte, toda noite você veria Caronte no mesmo lugar no céu (céu de Plutão, claro!). Por outro lado, se você morasse em Plutão na face oposta àquela virada para Caronte, você nunca veria Caronte a menos que viajasse até o outro hemisfério de Plutão.
- (a) Tem um planeta que só tem um lua (ou satélite natural) e esta lua também fica sempre com a mesma face virada para o planeta, mas diferentemente de Plutão, este planeta não fica sempre com a mesma face virada para esta sua lua. Qual é o nome deste planeta?
- (b) Qual é o nome da lua deste planeta?
14. **(OBA 2001 - Adaptada)** A Lua muda de aparência toda noite. À aparência da Lua chamamos de fase. Tem quatro noites nas quais a fase (aparência) da Lua recebe nome especial.
- (a) Quais são os nomes das fases da Lua nas quatro noites em que damos nomes especiais para as fases?
- (b) Para a Lua repetir a MESMA fase ela gasta **29,5 dias** (este tempo chamamos de **mês sinódico**), mas ela gasta **27,3 dias** (que chamamos de **mês sideral**) para dar uma volta completa ao redor da Terra. Por que existe esta diferença?
15. **(OBA 2000)** Como você já dever ter notado, a Lua sempre apresenta a mesma face para nós. Mas a Lua gira sobre ela mesma em aproximadamente 28 dias. Como é possível que ela gire sobre ela mesma e mantenha sempre a mesma face voltada para a Terra?
16. **(OBA 2001)** Um eclipse solar ocorre quando a Lua fica exatamente alinhada entre a Terra e o Sol, formando um cone de sombra, resultando numa sombra em forma de círculo ou elipse na superfície da Terra. Essa sombra se move de oeste para leste, devido ao movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo e ao movimento de translação da Lua ao redor da Terra.
- (a) Qual o posicionamento da Terra quando ocorre um eclipse lunar?
- (b) De quem é a sombra que vemos na Lua durante o eclipse lunar?

- (c) Em qual fase da Lua pode ocorrer um eclipse solar?
17. **(OBA 2000 - Adaptada)** Se você ficasse sobre a Lua e olhando para a Terra, durante 14 dias você também veria o Sol e durante outros 14 dias você não veria o Sol, como você explica esta afirmação?
18. **(OBA 2000)** Os astrônomos sabem que a Lua gasta cerca de 28 dias para dar uma volta completa ao redor da Terra, mas no entanto, você pode ver a Lua nascer no lado Leste e se pôr no lado Oeste todo dia, isto é, parece que ela dá uma volta ao redor da Terra todo dia. Como você explica isso?
19. **(OBA 1999)** Em 1969 a Apollo 11 levou 2 astronautas ao solo lunar.
- Supondo que os astronautas chegaram na Lua bem no dia em que para nós aqui da Terra, a Lua estava na fase de Lua nova, quando os astronautas olharam para a Terra, com que aparência (fase) estava a Terra?
 - E se os astronautas tivessem pousado na Lua bem no dia em que vista aqui da Terra ela era Lua cheia, com que aparência eles veriam a Terra?
 - Qual é, em geral, a relação entre as fases da Lua e as da Terra?
20. **(OBA 1998)** Se a Lua é muito menor que o Sol, por que ambos parecem ter o mesmo tamanho?

Gabarito

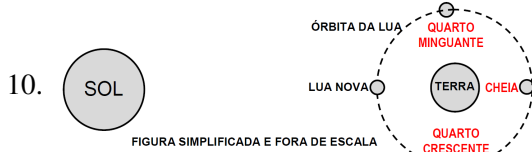
1. (a) Sim. Quando a Terra passar entre a Lua e o Sol. Como o disco da Terra visto da Lua é maior do que o da Lua visto da Terra e o disco do Sol é praticamente igual para ambas, o eclipse vale ao mesmo tempo para todos os pontos da face da Lua voltada para a Terra. (c) Como o período de rotação da Lua é o mesmo que o de translação da Lua ao redor da Terra, uma das faces da Lua nunca é vista aqui da Terra. Portanto, alguém morando naquela face da Lua nunca poderá ver a Terra.
2. (a) () (X) () (b) V - V - V - F.



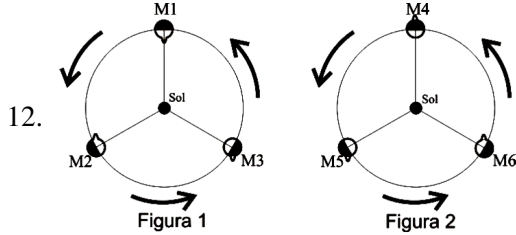
3. (a) 30 (b) 3,7 (3,6 ou 3,8 também são respostas aceitas).
4. (a) 3. (b) 19. (c) 11 (10 e 12 também são respostas aceitas).
5. V - F - V - F - F.
6. (b) Devido ao movimento dela ao redor da Terra.
7. (a) Lua cheia também. (b) Por que lá não tem ventos para cobrir as crateras, nem chuvas e principalmente atmosfera, pois é a camada atmosférica que não deixa que a maioria dos asteroides cheguem ao solo

da Terra. Quando os asteroides entram na atmosfera terrestre com alta velocidade eles se incendeiam (viram um meteoro ou estrela cadente, pois se queimam).

9. (a)



11. Na Lua Cheia.



13. (a) Terra. (b) Lua.

14. (a) Lua nova, lua quarto crescente, lua cheia e lua quarto minguante. (b) A diferença entre o período sideral e o sinódico da Lua deve-se ao fato de que enquanto a Lua dá uma volta completa em torno

da Terra, a Terra também se desloca no seu movimento de translação ao redor do Sol, assim sendo, a Lua precisa caminhar um pouco mais para chegar à mesma fase novamente.

15. Isso é possível porque o período de rotação dela é exatamente igual ao período de translação dela ao redor da Terra.
16. (a) A Terra fica entre a Lua e o Sol. (b) A sombra que vemos na superfície da Lua é a sombra da Terra. (c) Só pode ocorrer na lua nova.
17. A Lua gira sobre ela mesma em 28 dias, ou seja, esta é a duração do dia lunar, assim sendo, metade deste tempo se vê o Sol e na outra metade não se vê o Sol.
18. Isto se explica devido ao movimento de rotação da Terra.
19. (a) Terra cheia (b) Terra nova (c) Elas são opostas.
20. Porque ela está muito mais perto da Terra do que o Sol.



3. Sistema Solar

O Sistema Solar é composto pelo Sol, oito planetas, planetas anões, vários satélites naturais, asteroides, cometas e vários outros corpos.

Segundo a União Astronômica Internacional (UAI), para que um astro seja chamado planeta é necessário que ele (a) gire ao redor de uma estrela; (b) seja redondo (ou quase redondo); e (c) não tenha vizinhos próximos. Caso o astro atenda aos critérios (a) e (b), mas não atenda ao (c), ele é chamado planeta anão.

Todos os planetas do Sistema Solar realizam um movimento de rotação ao redor de seus respectivos eixos. Seus nomes vêm de deuses da mitologia greco-romana. Os quatro planetas mais próximos ao Sol são rochosos. O primeiro deles é Mercúrio, que tem seu nome em homenagem ao mensageiro dos deuses e não possui luas. Vênus, batizado com o nome da deusa latina do amor, também não possui luas. É o nosso vizinho mais próximo e o planeta mais quente do Sistema Solar, pois, ao contrário de Mercúrio, possui atmosfera. Marte, o **planeta vermelho**, possui o maior vulcão inativo do Sistema Solar, o Olympus Mons (Monte Olimpo em latim), com aproximadamente 26.000 km de altura.

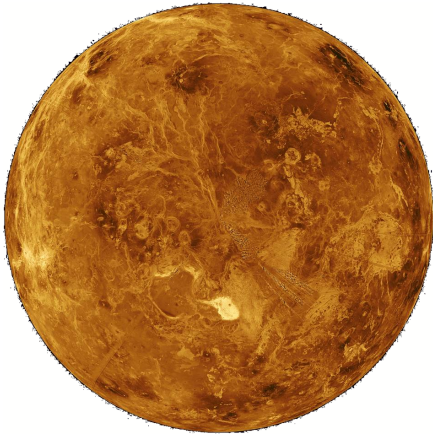
Entre as órbitas de Marte e Júpiter há um cinturão de asteroides, separando o mundo dos planetas rochosos dos [gigantes] gasosos.

Júpiter, por ser o maior do Sistema Solar, recebeu o nome do deus que reinava sobre todos os deuses do Olimpo. É conhecido por ter uma **grande mancha** em sua atmosfera. Saturno, o mais distante planeta ainda visível a olho nu, é bastante conhecido por seus sistemas de anéis⁴. Urano e Netuno têm praticamente o mesmo tamanho, sendo que Netuno, o deus dos oceanos, tem coloração mais escura.

Depois da órbita de Netuno há o Cinturão de Kuiper, abrigando vários asteroides e corpos celestes conhecidos. Dentre esses corpos celestes, o mais famoso é Plutão, que foi descoberto por Clyde Tombaugh em 1930, sendo considerado um planeta por bastante tempo (até 2006), quando, então, foi reclassificado como **planeta anão**. Possui uma geleira em formato de coração, como pode ser visto na Figura 3.1e.

⁴Apesar de os anéis de Saturno serem bastante famosos, eles não são únicos. Todos os gigantes gasosos possuem sistemas de anéis.

Muito além do Cinturão de Kuiper, há a Nuvem de Oort, no limite do Sistema Solar. Esta região possui uma grande concentração de cometas, restos do material que deu origem ao Sistema Solar. A Nuvem está tão distante, que a luz do Sol demora quase 1 ano para chegar lá.



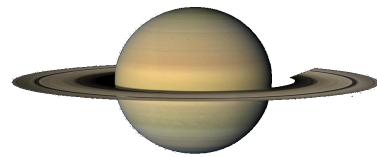
(a) Vênus. Crédito: *NASA*.



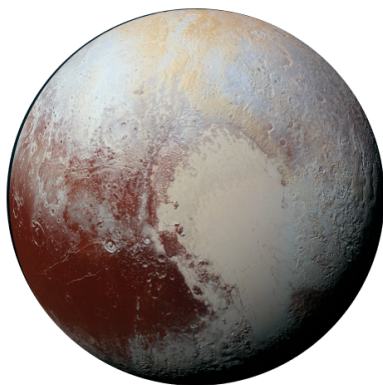
(b) Marte. Crédito: *WikiImages*.



(c) Júpiter e duas de suas luas, Io (esquerda, abaixo) e Ganímedes (direita, acima). Crédito: *NASA*.



(d) Saturno. Crédito: *NASA*.

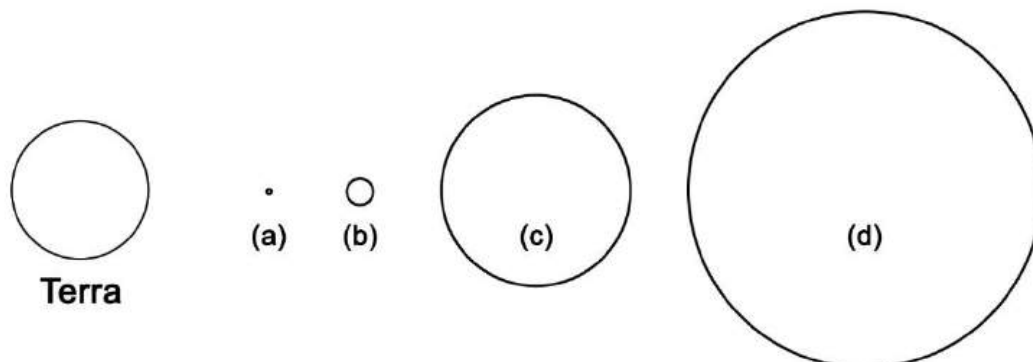


(e) Plutão visto da sonda espacial “Novos Horizontes”, da *NASA*, em 14 de julho de 2015. Crédito: *NASA*

Figura 3.1: Alguns objetos do Sistema Solar.

3.1 Exercícios

1. (OBA 2019) Na figura, o disco da esquerda representa o disco do Sol tal como ele é visto da Terra.



Os quatro discos seguintes representam o Sol tal como ele é visto de outros quatro planetas do Sistema Solar.

Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos planetas de onde se vê o disco do Sol como desenhados em (a), (b), (c) e (d).

- () (a) Mercúrio, (b) Vênus, (c) Urano e (d) Júpiter.
 () (a) Júpiter, (b) Urano, (c) Marte e (d) Vênus.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Marte e (d) Mercúrio.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Vênus e (d) Mercúrio.

2. (OBA 2017) Você conhece os planetas do Sistema Solar. Então coloque os nomes deles na frente das suas respectivas descrições.

- _____ É gasoso. Tem anéis, mas não é Saturno. Tem forte campo magnético. Tem faixas coloridas em sua atmosfera, inclusive uma grande mancha. Tem a rotação mais rápida. Seu dia dura só dez horas e é o maior de todos.
- _____ Tem o maior vulcão inativo do Sistema Solar. É bem menor do que a Terra; é rochoso e tem superfície avermelhada. Tem desfiladeiros enormes. No passado até se pensou que era habitado. Provavelmente será o primeiro planeta a ser visitado por astronautas.
- _____ O mais brilhante dos planetas. Seu ano dura 225 dias terrestres e seu dia dura quase 243 dias terrestres. É rochoso. Volume quase igual ao da Terra. É o mais quente dos planetas. Não tem luas.
- _____ O mais distante planeta ainda visível a olho nu. Um pouco menor que Júpiter. Tem os mais lindos sistemas de anéis. Gasoso. Seu dia dura só 10,5 horas.

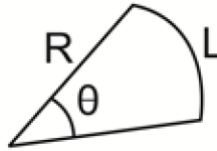
3. (OBA 2007) Plutão é muito pequeno quando comparado à Terra, cerca de 155 vezes menor. Hoje é classificado como **planeta anão**.

A mesma coisa aconteceu com Ceres, que foi descoberto em 01/01/1801 por Giuseppe Piazzi. Ceres foi chamado de planeta por cerca de 50 anos, até que muitos outros corpos (asteroides) foram encontrados na mesma região em que ele estava (cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter) e, então, ele foi reclassificado como asteroide. Em 2006, contudo, ele foi “promovido” a planeta anão. A mesma “promoção” foi dada ao asteroide Éris, situado muito além de Plutão.

Quem está mais perto da Terra: Ceres, Éris ou Plutão?

4. (OBA 2017) O Sol parece ser do tamanho de uma bola de futebol, mas isso porque ele está a 150.000.000 km da Terra. De Mercúrio ele é visto muito maior e de Plutão é minúsculo. Provavelmente Marte deverá ser o primeiro planeta a ser visitado por astronautas.

- (a) De qual tamanho o Sol será visto, em graus, pelos astronautas em Marte? Vamos ajudar com um exemplo. Suponha que, na figura a seguir, L seja o diâmetro da Lua, isto é, 3.476 km e R sua distância média à Terra, que é de 384.000 km.



Com isso o diâmetro angular (θ) compreendido pela Lua, vista da Terra, é de:

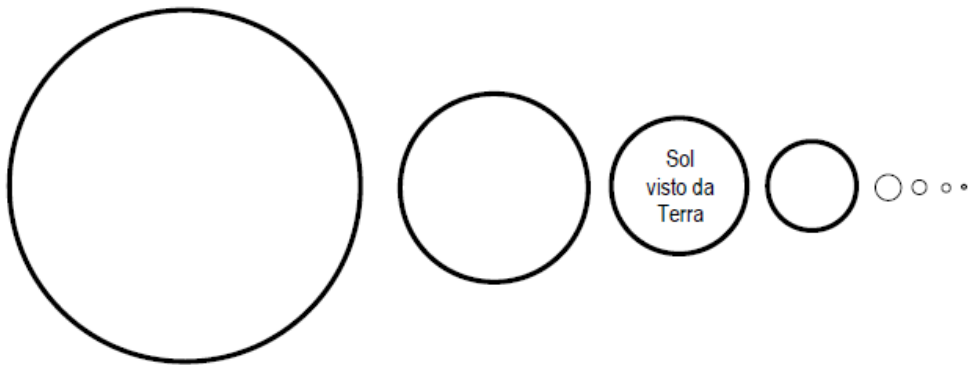
$$\theta = \frac{L}{R} = \frac{3.476 \text{ km}}{384.000 \text{ km}} = 0,009 \text{ radianos.}$$

Mas 1 radiano é cerca de 60 graus. Logo o diâmetro angular da Lua, vista da Terra é, em graus, de $\theta = 0,009 \times 60 \text{ graus} = 0,54 \text{ graus}$.

Coincidentemente, este é, praticamente, o mesmo diâmetro angular do Sol visto da Terra.

Repita o cálculo acima e calcule o diâmetro angular do Sol, em graus, visto de Marte. Dados: Diâmetro do Sol, cerca de 1.400.000 km e distância média até Marte cerca de 228.000.000 km.

- (b) Abaixo apresentamos 8 círculos que representam, em escala, como o Sol é visto a partir de todos os planetas, em sequência. Indicamos num dos círculos, como o Sol é visto da Terra. Coloque um X sobre o círculo que representa, nesta escala, como o Sol será visto a partir de Marte.



5. (OBA 2014)

- (a) O astrônomo Dr. Marcelo Emílio, da Universidade de Ponta Grossa, PR, e outros colegas, mediram, com grande precisão, o diâmetro do Sol.

Repetindo os cálculos do item (a) da questão anterior, calcule o diâmetro angular do Sol, visto da Terra, em graus.

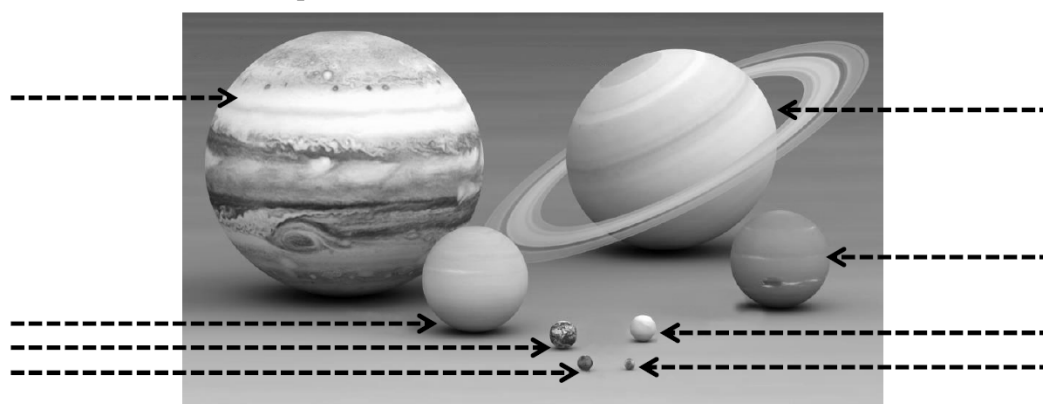
Dados: Diâmetro aproximado do Sol = 1.400.000 km e distância média Terra-Sol: 150.000.000 km

- (b) Suponha que você, futuro astronauta, ou o astronauta brasileiro Marcos Pontes, pouse em Mercúrio, o qual está a, aproximadamente, 60.000.000 km do Sol. Qual será o diâmetro angular (em graus) com que verão o Sol?
- (c) Quantas vezes o diâmetro angular do Sol visto de Mercúrio é maior que o visto da Terra?

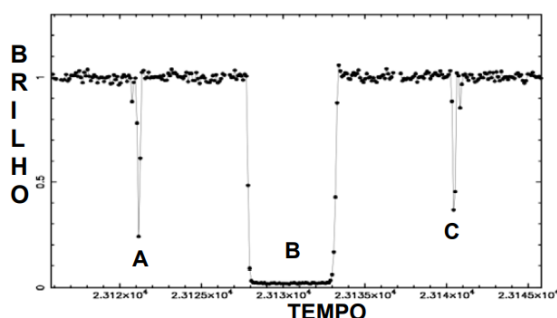
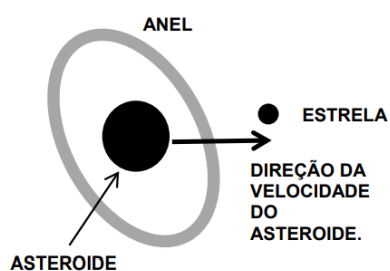
6. (OBA 2016) A sonda espacial “Novos Horizontes”, da NASA, depois de quase dez anos de viagem interplanetária, foi a primeira espaçonave a sobrevoar Plutão, em 14 de julho de 2015, e a fotografar suas luas Caronte, Nix, Hydra, Cérbero e Estige. Coloque um **X** debaixo da foto de Plutão e **Y** debaixo da foto da sua lua Caronte.



7. (OBA 2016) Abaixo estão os planetas do sistema solar em escala correta de volume. Escreva os seus nomes nas linhas pontilhadas.



8. (OBA 2015) Em 2014, Felipe Braga Ribas, jovem astrônomo do Observatório Nacional, descobriu, com a colaboração de outros astrônomos, o primeiro asteroide com anéis, Chariklo. O Chariklo move-se a 20 km/h e está entre as órbitas de Saturno e Urano. Chariklo passou na frente de uma estrela, conforme ilustra, esquematicamente, a figura abaixo, e isso permitiu descobrir que ele tem anel, qual o tamanho e o raio do anel, bem com o tamanho do asteroide etc.



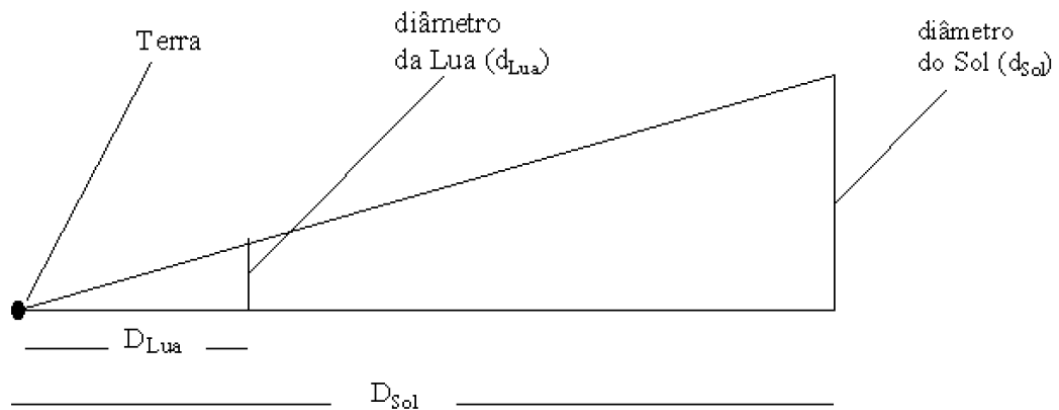
A figura acima à direita mostra o brilho da estrela ocultada pelo Chariklo. Note que ela tinha um brilho constante, mas no instante **A** seu brilho caiu para quase zero, no instante **B** seu brilho foi para zero e no instante **C** seu brilho caiu pela metade, depois ficou constante novamente.

- Escreva a letra **A** onde estava, aproximadamente, a estrela sobre o anel (ou sobre o asteroide) da figura da esquerda quando ela foi ocultada no instante **A**.
- Escreva as letras **B** e **C** onde estava, aproximadamente, a estrela sobre o anel (ou sobre o asteroide) da figura da esquerda quando ela foi ocultada nos instantes **B** e **C**.

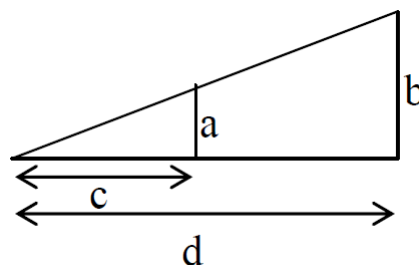
9. Quais planetas do Sistema Solar
- são rochosos?
 - têm sistemas de anéis?
10. (OBA 2007) Escreva na frente dos astros abaixo relacionados se eles são: PLANETA ou PLANETA ANÃO:

_____	Mercúrio	_____	Terra
_____	Vênus	_____	Ceres
_____	Marte	_____	Plutão
_____	Júpiter	_____	Éris
_____	Urano	_____	Saturno

11. (OBA 2003 - Adaptada) Muitas pessoas pensam que além de Netuno, não existe mais nada. Na verdade, depois de Netuno existe uma região chamada “Cinturão de Kuiper”. Já foram identificados dezenas de asteroides neste cinturão. É de lá que vêm a maioria dos cometas que ficam quase no mesmo plano das órbitas dos planetas. Tem um outro cinturão de asteroides bem mais perto da Terra. Deste cinturão conhecemos milhares de asteroides e vários até já foram fotografados em detalhes. Este cinturão de asteroides fica entre as órbitas de quais planetas?
12. (OBA 2002) O **diâmetro do Sol** é de, aproximadamente, $d_{Sol} = 1.400.000$ km e o **diâmetro da Lua** é de, aproximadamente, $d_{Lua} = 3.500$ km, contudo, os dois astros possuem o mesmo diâmetro angular no céu. A **distância da Terra à Lua** é de aproximadamente $D_{Lua} = 400.000$ km. Usando as relações dos triângulos semelhantes determine a **distância da Terra ao Sol** (D_{Sol}). Para que a sua resposta fique mais próxima do valor correto, subtraia da sua resposta 10.000.000 km, uma vez que fizemos alguns arredondamentos nos números acima.



Ajuda: Num triângulo retângulo como o acima e como o abaixo, vale a seguinte relação entre seus lados (ou catetos): $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.



13. (OBA 2002)

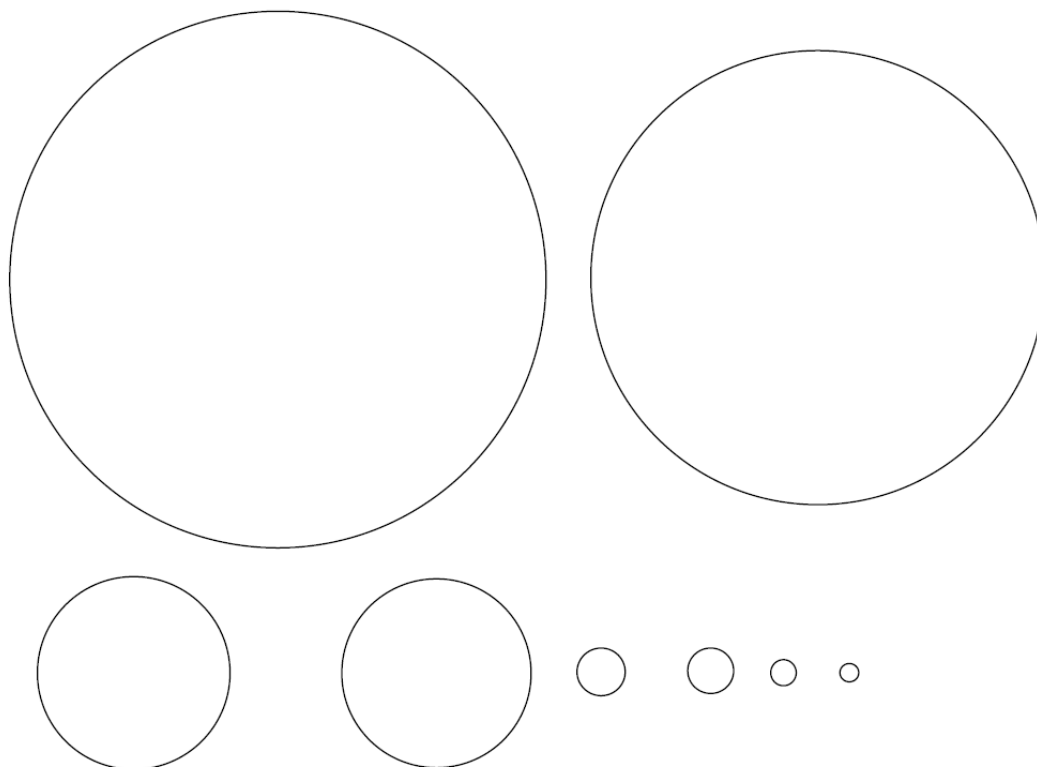
- (a) Escreva o nome dos dois maiores planetas. O maior começa com J e, por ser o maior, recebeu o nome do deus de todos os deuses da mitologia greco-romana. O outro tem os maiores e mais bonitos anéis do Sistema Solar. Ambos são planetas gasosos.
- (b) Escreva o nome do planeta que tem somente duas luas e que se chamam Deimos (que significa: Terror) e Fobos (que significa: Temor). Este planeta apesar de ser menor e mais frio que a Terra é considerado por muitos como aquele que é mais parecido com a Terra, e ele provavelmente já teve água líquida em sua superfície. Provavelmente será o primeiro planeta a ser visitado pelo homem. No passado acreditava-se que viviam marcianos nele. Ele é avermelhado e seu nome é o do deus da guerra na mitologia greco-romana.

14. (OBA 2002)

- (a) Qual planeta possui somente uma lua?
- (b) Relacione as duas colunas na tabela abaixo:

(1) deusa latina do amor	() Júpiter
(2) deus que reinava sobre todos os deuses do Olimpo	() Marte
(3) deus que era um rápido mensageiro dos deuses	() Netuno
(4) deus que reinava sobre os oceanos	() Mercúrio
(5) deus da guerra	() Vênus

15. (OBA 2001) Abaixo estão desenhados, na **MESMA ESCALA**, todos os planetas na ordem **decrescente de tamanho**, para você ver que 2 são gigantes, 2 são grandes, 2 são pequenos e 2 são pequeninos. Escreva dentro dos planetas (ou ao lado deles) o nome de cada um.



16. (OBA 1998) Qual é o planeta mais distante do Sol?
17. (OBA 1998) Qual o nome da maior elevação encontrada no planeta Marte?
18. (OBA 1998) Qual a estrela mais próxima da Terra?
19. (OBA 1998) Qual o planeta mais próximo da Terra?
20. (OBA 1998) Qual o menor planeta do Sistema Solar?
21. (OBA 1998) Urano tem um eixo de rotação extremamente inclinado, o que lhe confere estações do ano com durações muito longas (o inverno e o verão duram 42 anos cada). Por que, mesmo assim, a diferença entre as temperaturas de inverno e verão em Urano é tão baixa, não ultrapassando 4 graus Celsius?
22. (OBA 1998) Quais planetas jamais podem ser vistos à meia-noite?

Gabarito

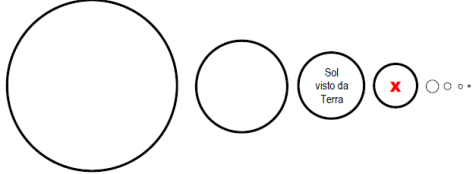
1. (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Vênus e (d) Mercúrio.
2. Júpiter - Marte - Vênus - Saturno
3. Ceres.
4. (a) 0,36 graus (b)
5. (a) 0,56 graus (b) 1,38 graus (c) 2,46
6. (X) () () () (Y)
7. 

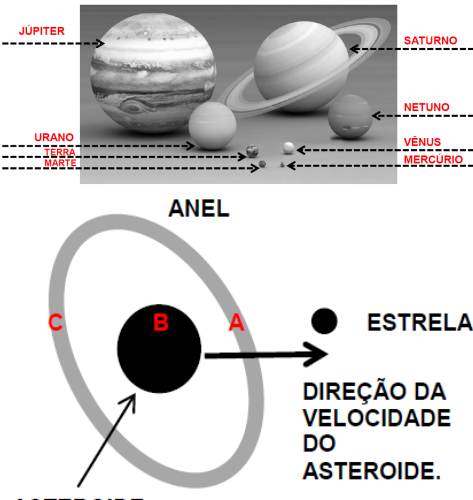
Diagrama dos planetas do Sistema Solar em ordem de tamanho. De esquerda para direita: Júpiter, Saturno, Urano, Terra, Marte, Vênus, Mercúrio, Netuno. O Sol é representado por um círculo com um 'X' vermelho.
8. 

Diagrama de um asteroide em órbita elíptica ao redor de uma estrela. A estrela é rotulada como "ESTRELA" e o asteroide como "ASTEROIDE". O ponto mais próximo da estrela é rotulado "A" e o ponto mais distante "C". A direção da velocidade do asteroide é indicada por uma seta rotulada "DIREÇÃO DA VELOCIDADE DO ASTEROIDE".
9. (a) Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. (b) Saturno, Júpiter, Urano e Netuno.
10. Planetas: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Urano, Terra e Saturno; planetas anões: Ceres, Plutão e Éris.
11. O cinturão de asteroides fica entre as órbitas de Marte e de Júpiter.
12. 150.000.000 km.
13. (a) Júpiter e Saturno (b) Marte.
14. (a) Terra (b) 2-5-4-3-1.
15. Júpiter (o maior deles) e Saturno (na 1ª linha); Urano, Netuno, Terra, Vênus, Marte e Mercúrio (na 2ª linha), sempre da esquerda para a direita.
16. Netuno.
17. Olympus Mons.
18. Sol.
19. Vênus.
20. Mercúrio.
21. A diferença é baixa porque apesar de inverno e verão serem muito longos, Urano está muito distante do Sol (mais distante que a Terra), recebendo pouco calor. Quase não faz diferença ser inverno ou verão a esta distância.
22. Mercúrio e Vênus.

4. Estrelas

Estrelas são esferas gasosas que brilham devido a um processo chamado fusão nuclear. Esse processo faz com que elas atinjam altas temperaturas e brilhem, aquecendo e iluminando suas redondezas, assim como o Sol faz com a Terra. Após alguns milhões ou bilhões de anos, o hidrogênio que funciona como combustível para a fusão nuclear acaba, fazendo com que a estrela colapse. Dependendo da massa, essa estrela pode se transformar em uma anã branca ou explodir, se transformando, finalmente, em um buraco negro ou numa estrela de nêutrons.

4.1 Luminosidade

A luminosidade (L) é uma característica própria de uma estrela, que depende do seu raio (R) e da sua temperatura superficial (T). Já seu brilho, percebido pela nossa visão, depende da distância dela até nós. Para diferenciar melhor esses conceitos, vamos comparar uma estrela a uma lâmpada do farol de um carro. A lâmpada tem cerca de 60 W (watts) quando acesa e esse valor só depende das características de fabricação dela. Entretanto, o brilho dela depende da distância do carro até nós.

A Equação 4.1 permite descobrir quantas vezes o raio de determinada estrela é maior (ou menor) que o raio do Sol. Para isso, basta saber quantas vezes ela é mais (ou menos) luminosa do que o Sol e quanto ela é mais (ou menos) quente do que o Sol.

$$R = \frac{\sqrt{L}}{T^2} \quad (4.1)$$

Para descobrir o raio de uma estrela 4 vezes mais luminosa que o Sol ($L = 4$) e o dobro da temperatura dele ($T = 2$), basta fazer

$$R = \frac{\sqrt{4}}{(2)^2} = \frac{2}{4} = 0,5.$$

O resultado 0,5 indica que ela tem um raio 0,5 vezes o raio do Sol, ou seja, a metade.

4.2 Classificação espectral

Quando a luz de uma estrela passa por um aparelho chamado espectrômetro, ela mostra um padrão específico de linhas luminosas e escuras (linhas espectrais). Essas linhas estão diretamente relacionadas à cor e à temperatura na superfície da estrela. Assim, as estrelas podem ser classificadas em sete tipos espectrais, como visto na Tabela 4.1.

Tipo	Cor	Temperatura (K)	Exemplo
O	Azul	20 000 a 40 000	Mintaka
B	Branco-azulada	15 000	Rigel e Spica
A	Branca	9 000	Sirius e Vega
F	Branco-amarelada	7 000	Canopus e Procyon
G	Amarela	5 500	Sol e Capela
K	Alaranjada	4 000	Aldebarã e Arcturus
M	Vermelha	3 000	Betelgeuse e Antares

Tabela 4.1: Classificação espectral. Fonte: *Kepler e Saraiva, 2014.*

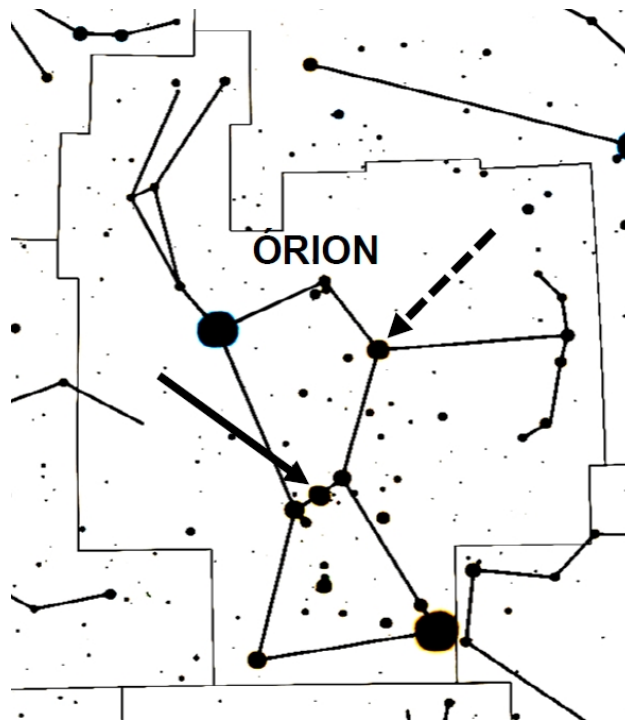
A olho nu, podemos diferenciar facilmente estrelas de tom azulado e outras de tom avermelhado. Com as informações da Tabela 4.1, é possível afirmar que as azuladas são mais quentes que as avermelhadas.

Note que a temperatura das estrelas é apresentada em K (kelvin), ao invés de graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$). A escala Kelvin é escala de temperatura do Sistema Internacional de Unidades (SI). Para transformar uma temperatura em kelvin para graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), basta subtrair o valor 273. Por exemplo, as estrelas do tipo G têm temperatura na faixa dos 5 500 K, que correspondem a 5 227 $^{\circ}\text{C}$. Na prática, você não precisará se preocupar com essa transformação de unidades, pois o resultado da diferença entre temperatura da estrela de determinado tipo e o valor 273 ainda será um valor próximo da temperatura em kelvin das estrelas daquele tipo.

4.3 Exercícios

- (OBA 2022 - Adaptada)** Na constelação de Órion, temos as estrelas “três marias”, que, na verdade, são Alnitak, Alnilam e Mintaka. Embora sua luminosidade seja quase o dobro da de Alnitak, Mintaka brilha menos do que Alnitak porque
 - sua cor superficial é mais opaca.
 - há muita poeira interestelar entre ela e a Terra.
 - está mais distante do que Alnitak.
 - está dentro da Grande Nuvem de Órion.
 - deve ser muito menor do que Alnitak.
- (OBA 2021 - Adaptada)** A estrela Antares tem diâmetro quase 900 vezes maior do que o do Sol. Coloque **F** para falso ou **V** para verdadeiro nas afirmações abaixo.
 - () Se o Sol estivesse na mesma distância em que está Antares, ele seria pouco brilhante.
 - () O brilho das estrelas depende das constelações nas quais elas estão.
 - () O Sol brilha mais do que Antares porque é mais quente e amarelo.
 - () Para nós, o Sol é a estrela mais brilhante do Universo porque está mais perto da Terra.
 - () Antares brilha menos do que o Sol porque está muito mais longe do que o Sol.

3. (OBA 2020) Coloque **F** para falso ou **V** para verdadeiro nas afirmações abaixo.
- () A luminosidade da estrela deve depender do seu volume.
 - () A luminosidade da estrela deve depender da distância dela até a Terra.
 - () A luminosidade da estrela deve depender da temperatura da superfície dela.
 - () A luminosidade da estrela não deve depender da temperatura e do volume.
 - () A luminosidade da estrela deve depender da galáxia na qual ela está.
4. (OBA 2019) Suponha que você olhe para o céu e veja a estrela **A** com o mesmo brilho da estrela **B**. Escreva **V** ou **F** na frente de cada afirmação.
- () Se a estrela **A** é a mais luminosa, então ela está mais distante de nós do que a estrela **B**.
 - () Se a estrela **B** é a menos luminosa, então ela está mais perto de nós do que a estrela **A**.
 - () Se ambas têm a mesma luminosidade, então elas estão à mesma distância de nós.
 - () A luminosidade de uma estrela não depende da distância dela até nós.
 - () O brilho de uma estrela não depende da distância dela até nós.
5. (OBA 2019) Calcule o raio de uma estrela com
- (a) 9 vezes a luminosidade do Sol e com o dobro da sua temperatura.
 - (b) 25 vezes a luminosidade do Sol e a metade da sua temperatura.
6. (OBA 2020) Na figura temos a constelação de Órion e nela temos as estrelas Alnilam (indicada pela seta contínua – uma das “Três Marias”) e Bellatrix (indicada pela seta tracejada). Ambas têm o mesmo brilho.



O que podemos afirmar sobre a luminosidade destas duas estrelas e suas distâncias até nós? Coloque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação abaixo.

- () Se têm o mesmo brilho e se estiverem à mesma distância, têm a mesma luminosidade.
- () Embora tenham o mesmo brilho as luminosidades delas podem ser diferentes.
- () Se Alnilam estiver 5 vezes mais distante que Bellatrix, então ela é mais luminosa.
- () Se elas têm o mesmo brilho, então elas têm a mesma luminosidade e não importa a

distância.

() Se elas têm o mesmo brilho, então elas estão à mesma distância da Terra e não importa a luminosidade delas.

7. (OBA 2020) Coloque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) nas afirmações abaixo.

- () O Sol é o astro mais brilhante do céu porque é a estrela mais próxima da Terra.
 () Mesmo estrelas mais quentes e maiores do que o Sol, têm menor brilho do que ele.
 () O Sol visto de Plutão ainda tem a mesma luminosidade, mas é menos brilhante.
 () Estrelas maiores e mais quentes do que o Sol, são mais luminosas do que o Sol.
 () Para um astronauta na Lua, a Lua é o astro mais brilhante do céu.

8. (OBA 2015) Escreva **V** ou **F** na frente de cada afirmação abaixo.

- () As estrelas amarelas têm temperatura superficial de 5 000 °C.
 () As estrelas vermelhas têm temperatura superficial de cerca de 3 500 °C.
 () A temperatura superficial do Sol é de 3 500 °C.
 () Estrelas azuis têm temperaturas superficiais de cerca de 30 000 °C.
 () Algumas estrelas explodem.

9. (OBA 2018) Alguns dos pontos luminosos do céu brilham porque têm luz própria e outros porque refletem a luz do Sol. Ao lado do nome de cada astro ou objeto escreva **LUMINOSO** se ele tem luz própria e **ILUMINADO** se ele só reflete a luz do Sol.

Lua	_____	Cometa	_____
Galáxia	_____	Estrela	_____
Planeta	_____		

10. (OBA 1998) Uma estrela azul é mais quente ou mais fria que o Sol?

11. (OBA 2014) Escreva **V** ou **F** na frente de cada afirmação abaixo.

- () As estrelas têm a forma de uma bola.
 () A forma do Sol é igual à forma das outras estrelas.
 () O Sol é uma estrela.
 () Estrelas só brilham de noite.
 () Estrelas têm pontas.

12. (OBA 2007) O Sol tem temperatura superficial de 6 000 °C (graus Celsius) e tem cor amarela, como você sabe. As Plêiades (também chamadas de “Sete Irmãs”), por outro lado, são estrelas jovens, têm temperatura superficial de aproximadamente 20 000 °C, são muito maiores do que o Sol e são da cor branco-azulado.

(a) Quantas vezes as Plêiades são mais quentes do que o Sol?

(b) Além das estrelas amarelas e das branco-azuladas, também existem as estrelas vermelhas, como Aldebarã (que quer dizer: “Aquela que segue as Plêiades”), na constelação do Touro e tem cerca de 3 000 °C. Releia essa questão e associe a cor da estrela com a sua temperatura.

6 000 °C	Vermelha
20 000 °C	Branco-azulada
3 000 °C	Amarela

13. (OBA 1999) Qual a origem da luz do Sol?

Gabarito

1. (c)
2. V - F - F - V - V
3. V - F - V - F - F
4. V - V - V - V - F
5. (a) $\frac{3}{4}$ ou 0,75 vezes o raio do Sol (b) 20 vezes o raio do Sol.
6. V - V - V - F - F
7. V - V - V - V - F
8. V - V - V - V - V
9. Luminosos: galáxia e estrela.
10. Mais quente.
11. V - V - V - F - F
12. (a) 3,333 (b) Vermelha: 3 000 °C; Branco-azulada: 20 000 °C; Amarela: 6 000 °C.
13. Reações nucleares que ocorrem em seu interior.



5. Gravitação

A gravitação é o que descreve e explica o movimento de corpos em torno de outros, como a Terra e os demais planetas do Sistema Solar em torno do Sol, ou o da Lua ou de quaisquer outras luas em torno de seus respectivos planetas.

5.1 Leis de Kepler

Por volta de 1605, Johannes Kepler (1571 - 1630) descobriu três leis matemáticas que regem o movimento dos planetas:

1ª lei: “A órbita de um planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos”.

2ª lei: “A linha que liga o Sol e o planeta “varre” áreas iguais em intervalos de tempo iguais”. Isso faz com que velocidade de um planeta seja máxima quando ele está no ponto de sua órbita que é mais próximo do Sol (periélio) e mínima quando ele estiver no ponto mais distante dele (afélio).

3ª lei: “O período de translação de um planeta ao redor do Sol é proporcional ao semieixo maior da órbita”. Assim, planetas de órbita interna à da Terra demoram menos de 1 ano terrestre para completar sua órbita; já planetas de órbita externa, demoram mais de 1 ano, e quanto mais distantes do Sol, maior é o tempo necessário.

Essas três leis foram elaboradas com base em observações do movimento dos planetas do Sistema Solar ao redor do Sol, mas também são válidas para cometas orbitando o sol, satélites naturais ou artificiais orbitando seus respectivos planetas, e até mesmo planetas de outros sistemas orbitando suas estrelas.

5.1.1 Elipses

Uma elipse (Figura 5.1) é o conjunto de pontos P tal que a soma das distâncias de P até cada um dos focos (F_1 e F_2) é uma constante ($2a$), chamada comprimento do eixo maior da elipse.

Note que uma elipse é similar a uma circunferência, mas achatada. Esse achatamento está relacionado a um valor chamado excentricidade (e), definida como a razão entre a distância focal $2c$ e o comprimento do eixo maior $2a$, ou seja

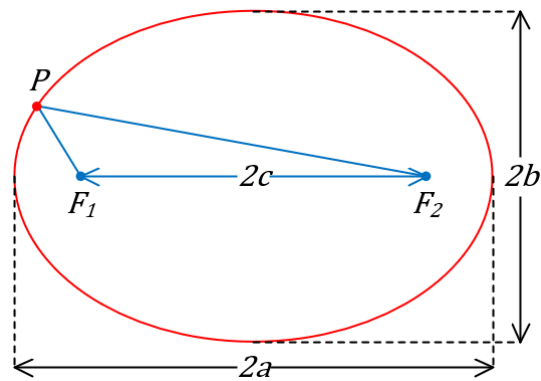


Figura 5.1: Representação de uma elipse com focos F_1 e F_2 , eixo maior $2a$, eixo menor $2b$, distância focal $2c$ e ponto P .

$$e = \frac{c}{a}. \quad (5.1)$$

Podemos relacionar o semieixos maior (a) e menor (b) à semidistância focal (c). Na Figura 5.2, pelo teorema de Pitágoras, temos do triângulo B_1CF_2 que $a^2 = b^2 + c^2$, ou seja, $c = \sqrt{a^2 - b^2}$. Assim, da Equação 5.1 temos

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}.$$

Logo,

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (5.2)$$

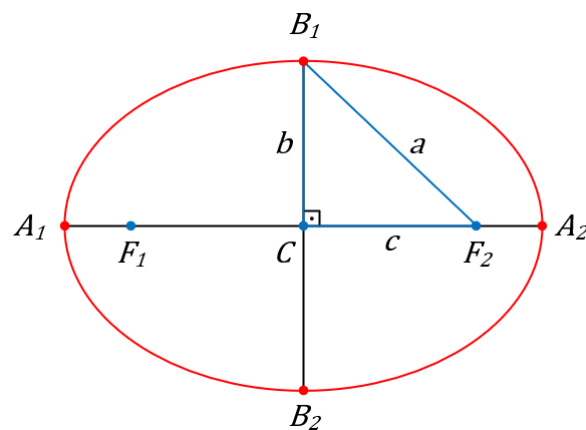


Figura 5.2: Representação da relação pitagórica entre semieixo maior (a), semieixo menor (b) e semidistância focal (c) em uma elipse.

Se os focos fossem sobrepostos, a distância focal seria zero e, tornando a excentricidade zero também; assim teríamos uma circunferência. Já se distanciássemos bastante os dois focos,

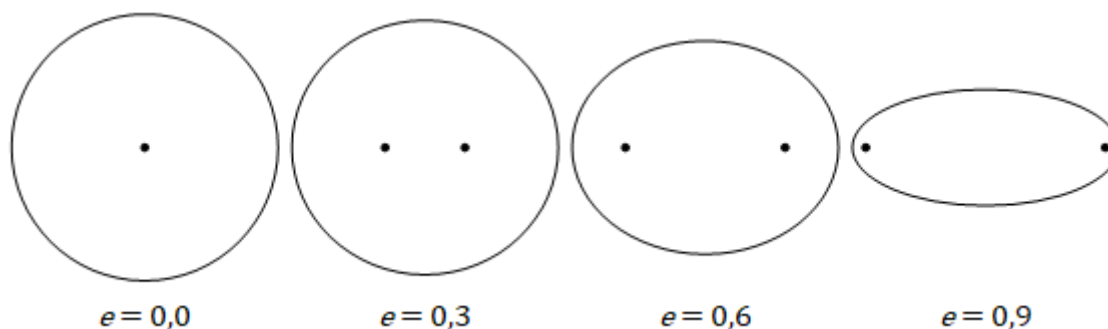


Figura 5.3: Desenho de 4 elipses com excentricidades variando de 0,0 a 0,9. Os pontos pretos são os focos.

a distância focal se aproximaria bastante do tamanho do semieixo maior, faríamos com que a excentricidade se aproximasse do valor 1 e a figura cada vez mais se assemelharia a uma reta. A Figura 5.3 mostra exemplos de elipses com excentricidades diferentes.

Já sabemos que as órbitas dos planetas são elípticas, entretanto é importante ressaltar que as elipses que eles descrevem são de baixa excentricidade, que variam de 0,007 (Vênus) até 0,206 (Mercúrio). A Terra, por exemplo, tem órbita de excentricidade 0,017. Note que na Figura 5.3 é difícil perceber que a elipse de excentricidade 0,3 não é uma circunferência.

Se a órbita da Terra tivesse uma excentricidade considerável, seria possível perceber uma diferença no tamanho aparente do Sol ao longo do ano.

Obedecendo à 1ª lei de Kepler, a Lua, por sua vez, também desenvolve uma órbita elíptica ao redor da Terra. A excentricidade dessa órbita é 0,055. Assim, a Lua dista da Terra entre as distâncias médias de aproximadamente 363.000 km (perigeu) e 406.000 km (apogeu). Quando a Lua está localizada nas proximidades do perigeu e está na fase Cheia, temos o fenômeno conhecido como superlua. Em oposição, quando na fase Cheia e nas proximidades ao apogeu, temos a microlua. A diferença entre os tamanhos aparentes da Lua é de cerca de 14% e imperceptível a olho nu, mas a diferença entre os brilhos pode chegar a 30%. Uma superlua não é uma ocasião rara e pode ser observada, geralmente, uma a duas vezes por ano.

Diferentemente dos planetas do Sistema Solar e da Lua, cometas periódicos apresentam órbitas bastante achatadas ($e = 0,5$ até $e = 0,99$).

5.2 Força gravitacional e peso

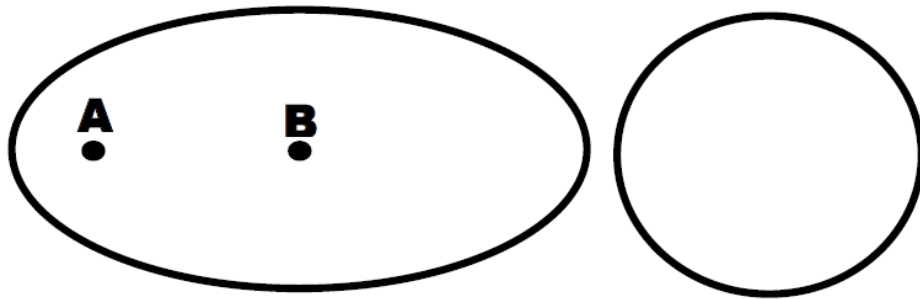
Já sabemos que a Lua e satélites artificiais orbitam a Terra, assim como a Terra e os demais planetas do Sistema Solar orbitam o Sol. O que mantém esses objetos em suas respectivas órbitas é o que chamamos de força gravitacional. Essa força depende das massas dos corpos envolvidos e das distâncias entre eles. Quanto maiores os valores das massas, maior a intensidade da força gravitacional. Entretanto, quando maior a distância entre os corpos, menor a intensidade da força.

Podemos perceber que um objeto solto nas proximidades da superfície da Terra é atraído para o centro dela. Como a distância entre um objeto na Terra e qualquer astro é muito grande, podemos considerar que a força gravitacional exercida pelo objeto deve-se somente à Terra. Nesta situação, chamamos a força gravitacional de peso.

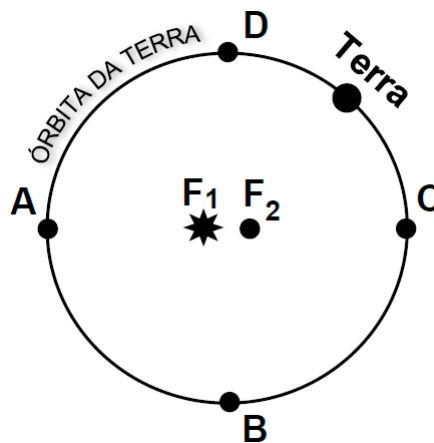
5.3 Exercícios

1. (OBA 2022 - Adaptada) Assinale a expressão correta da Primeira Lei de Kepler para a Terra e seus satélites artificiais.

- (a) A órbita de cada lua de Saturno é uma elipse, estando Saturno num dos focos.
 (b) A órbita de cada planeta é uma elipse, estando o Sol num dos focos.
 (c) A órbita de cada satélite artificial da Terra é uma elipse, estando a Terra num dos focos.
 (d) A órbita de cada lua de Júpiter é uma elipse, estando Júpiter num dos focos.
 (e) Os satélites artificiais não obedecem à Primeira Lei de Kepler.
2. **(OBA 2021)** Podemos afirmar que a superlua
- (a) ocorre sempre que a Lua está nascendo no horizonte leste do perigeu.
 (b) ocorre sempre que a Lua está no perigeu.
 (c) recebe este nome porque está muito longe do apogeu.
 (d) só ocorre em meses específicos e a Lua deve estar no perigeu.
 (e) ocorre quando a Lua está no perigeu (ou perto dele) e está na fase Cheia.
3. **(OBA 2018)** Na figura abaixo estão representadas as órbitas de um cometa periódico e de um planeta.



- (a) Na Figura da esquerda, faça um **X** sobre o ponto **A** ou **B** que melhor representa a posição do Sol.
 (b) Escreva **COMETA** sobre a figura que melhor representa a órbita de um cometa periódico e escreva **PLANETA** sobre a figura que melhor representa a órbita de um planeta.
4. **(OBA 2020)** A figura mostra a órbita da Terra exageradamente achatada. F_1 e F_2 são os focos da elipse e estão exageradamente separados. Suponha que o Sol está em F_1 . A Terra se move na sequência A, B, C, D. Com base nessas informações, responda as perguntas a seguir.



- (a) Em qual dos pontos a velocidade da Terra é máxima?
 (b) Em qual dos pontos a velocidade da Terra é mínima?
 (c) Se o Sol está em F_1 , então, o que existe em F_2 ?

- (d) O que existe exatamente no centro geométrico da elipse?
 (e) A velocidade da Terra é crescente quando se aproxima de A ou B?

5. (OBA 2019) A figura mostra a órbita da Terra (**fora de escala e bem mais achatada**) e as posições da Terra do longo do ano. Escreva **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) na frente de cada afirmação.

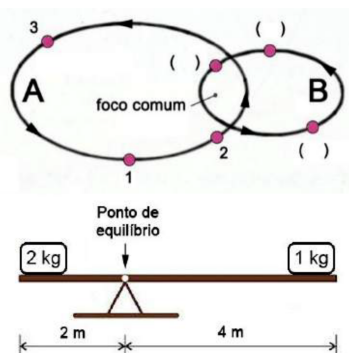


- () Entre fevereiro e março a velocidade orbital da Terra é maior do que entre abril e maio.
 () Em junho a velocidade orbital da Terra está aumentando.
 () Em setembro a velocidade orbital da Terra está aumentando.
 () Pela 2ª Lei de Kepler podemos afirmar que em janeiro a velocidade orbital da Terra é a maior.

6. (OBA 2018) Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para as sentenças abaixo:

- () Os planetas descrevem uma órbita elíptica ao redor do Sol.
 () Os planetas giram ao redor do seu eixo num movimento chamado de rotação.
 () Os planetas giram ao redor do Sol num movimento chamado de translação.
 () Os planetas giram ao redor do Sol em 365 dias.

7. (OBA 2019) A figura mostra o esquema das órbitas (**fora de escala**) de um sistema binário de estrelas (A e B), sendo que uma delas tem o dobro da massa da outra. As estrelas orbitam em torno de um mesmo foco comum, onde está o ponto de equilíbrio (como na imagem da gangorra). Os números 1, 2 e 3 indicam as posições da estrela A em três diferentes momentos da sua órbita.



- (a) Escreva nos parênteses os números correspondentes às posições da estrela B quando a estrela A estiver nos pontos 1, 2 e 3.
 (b) Qual das estrelas, A ou B, tem a maior massa?

8. **(OBA 2018)** Tudo no universo se move e gira ao redor de si e de algo. A velocidade ($v = \text{distância/tempo}$) da Terra ao redor do Sol é de aproximadamente 108.000 km/h, a da Estação Espacial Internacional em torno da Terra é cerca de 27.000 km/h e a da Lua ao redor da Terra é de 3.600 km/h.

- (a) Quantas vezes a Terra é mais rápida do que a Estação Espacial Internacional?
- (b) Quantas vezes a Terra é mais rápida do que a Lua?
- (c) Qual é a distância em km percorrida pela Terra num dia?

9. **(OBA 2008)** Os satélites de telecomunicação geoestacionários estão colocados a uma distância de 42.000 km do centro da Terra, acompanhando-a no movimento diário. Isso quer dizer que, se você os observar com um telescópio pequeno, eles sempre aparecem num mesmo lugar, fixo, no céu quando observados de um mesmo ponto da Terra. Dizendo de outra forma, se apontarmos uma vez o telescópio para ele, o telescópio continuará apontado, sem precisarmos de um aparelho de acompanhamento, como o necessário para observação de estrelas.

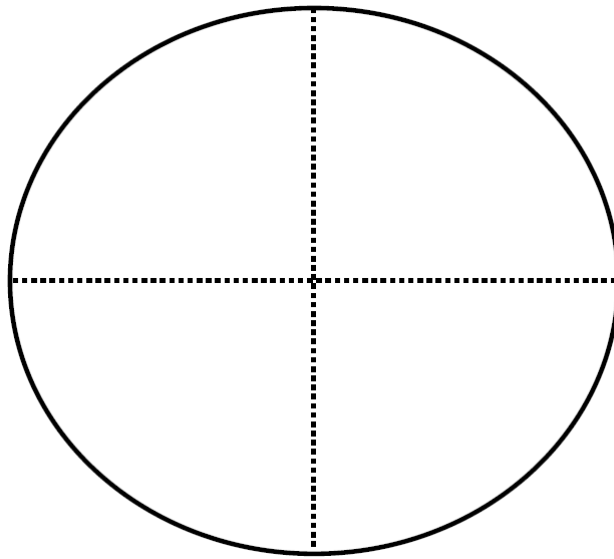
Em relação a um observador sobre a Terra, os satélites geoestacionários

- (a) estão aparentemente fixos num ponto do espaço e não se movimentam.
- (b) dão uma volta completa ao redor da Terra em 24 horas.
- (c) dão uma volta completa ao redor da Terra em 365 dias.
- (d) movimentam-se à velocidade da luz.
- (e) dão uma volta completa ao redor da Lua em um mês.

10. **(OBA 2008)** O telescópio espacial Hubble orbita a Terra num período que varia de 96 a 97 minutos. Em relação a um observador sobre a Terra, o Telescópio Espacial Hubble

- (a) encontra-se numa órbita bem mais próxima da Terra do que a Lua ou um satélite geoestacionário.
- (b) movimenta-se à velocidade da luz.
- (c) é geoestacionário.
- (d) encontra-se numa órbita entre a de um satélite geoestacionário e a Lua.
- (e) dá uma volta completa ao redor da Lua num período diferente daquele de um satélite geoestacionário.

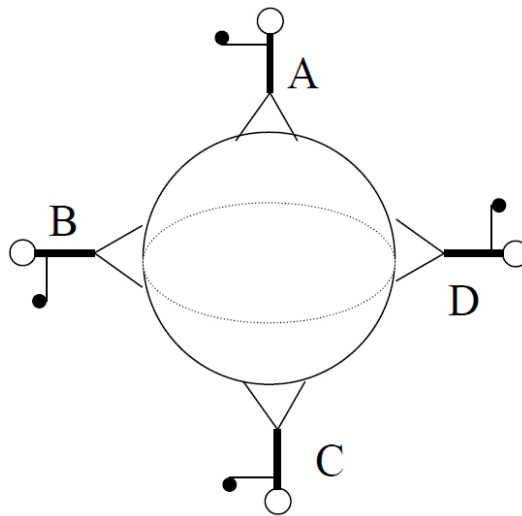
11. **(OBA 2007)** Na figura a seguir está representada a órbita elíptica de Éris, o mais distante dos planetas anões, ao redor do Sol.



Meça o comprimento de a (semieixo maior) e de b (semieixo menor) com uma régua (ou contando os pontinhos) e calcule a excentricidade (e) da elipse utilizando a Equação 5.2.

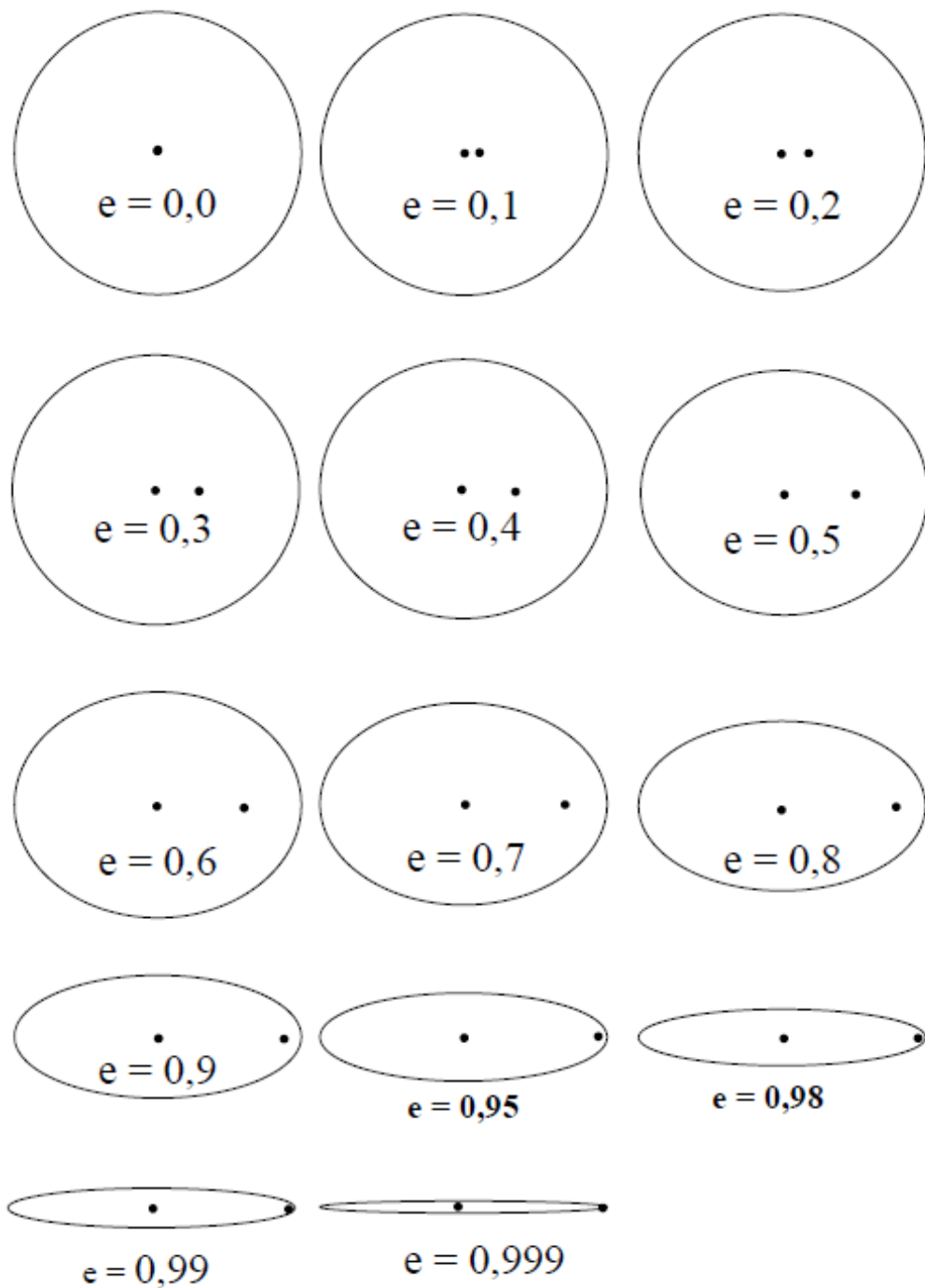
12. (OBA 2004) A bola abaixo representa o planeta Terra. Sobre ela tem 4 pessoas. Uma está no polo Norte (ponto A), outra no polo Sul (ponto C), uma no Brasil (ponto B) e outra na Nova Guiné (ponto D). Cada pessoa segura uma pedra na mão e todas vão soltá-las no mesmo ins-

tante.



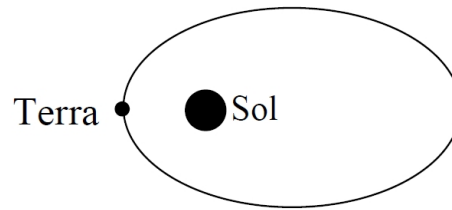
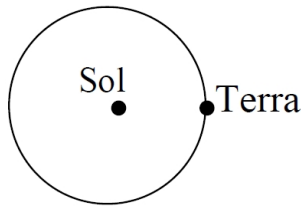
Desenhe o caminho seguido pelas quatro pedras.

13. (OBA 2005) A figura a seguir mostra 14 elipses com excentricidades (e) variando de 0,0 até 0,999. O ponto no centro de cada elipse marca o centro dela. O ponto à direita do centro é um dos focos da elipse e é a posição ocupada pelo Sol, caso algum astro gire ao redor dele com aquela órbita.



- (a) A órbita de Plutão tem excentricidade $e = 0,2482$. Pinte a elipse que melhor representa a órbita de Plutão e faça um X sobre a posição ocupada pelo Sol.
- (b) A órbita do cometa Halley tem excentricidade $e = 0,967$. Escreva HALLEY sobre a figura que melhor representar a órbita deste cometa e faça um X sobre a posição ocupada pelo Sol.
14. (OBA 2012) A órbita da Terra ao redor do Sol tem forma quase circular estando o Sol só um pouco afastado do centro deste círculo, como mostra a figura da esquerda. Contudo, muitas pessoas pensam, erroneamente, que a órbita da Terra é bastante achatada, como mostra a

figura da direita.

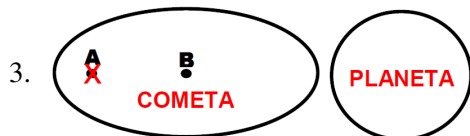


Dito isso, e considerando as figuras, assinale verdadeiro (V) ou falso(F) para as sentenças a seguir:

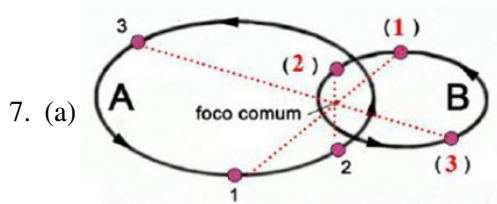
- () Se a Terra passasse bem perto do Sol e depois bem longe dele conforme mostra a figura da direita, então teríamos que ver o tamanho do Sol ora bem grande e ora bem pequeno.
- () Se a Terra passasse bem perto do Sol conforme mostra a figura da direita, então haveria um verão muito quente em toda a Terra na mesma época.
- () Se a Terra passasse bem perto do Sol conforme mostra a figura da direita, então haveria uma enorme maré devido ao Sol uma vez por ano.
- () Se a Terra passasse bem longe do Sol conforme mostra a figura da direita, então haveria um intenso inverno em TODO o planeta Terra.
- () Como a Terra gira ao redor do Sol conforme a figura da esquerda, então sempre vemos o Sol do mesmo tamanho e nunca há uma maré gigantesca devido ao Sol.

Gabarito

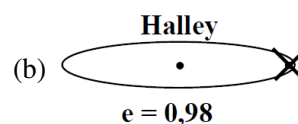
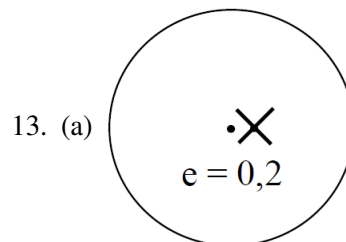
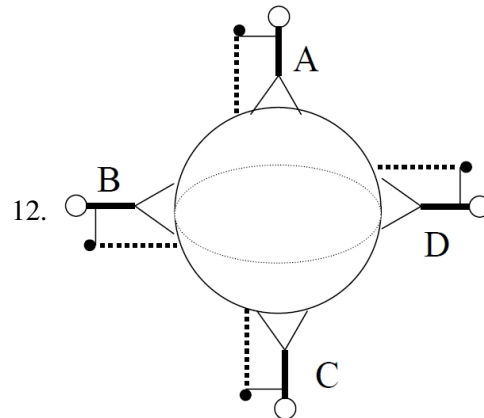
- 1. (c)
- 2. (e)



- 4. (a) A (b) C (c) Nada (d) Nada (e) A.
- 5. V - F - V - V.
- 6. V - V - V - F.



- (b) B.
- 8. (a) 4 (b) 30 (c) 2.592.000 km.
- 9. (a)
- 10. (a)
- 11. aproximadamente 0,5.



- 14. V - V - V - V - V



6. Unidades de comprimento

Estamos bastante acostumados a trabalhar com unidades do Sistema Internacional (SI), seja em problemas de Física ou até mesmo em situações cotidianas. Na Astronomia nem sempre será prático registrar distâncias em metros ou quilômetros.

6.1 Unidade astronômica

A distância média entre a Terra e o Sol é aproximadamente $1,5 \times 10^{11}$ metros. Mesmo que você tenha um bom conhecimento em notações científicas, esse valor não é tão prático de ser comparado a outros. Assim, essa distância pode ser escrita como 1 unidade astronômica (ua). Desse modo, fica simples dizer que a distância média da Terra ao Sol é 1,0 ua e de Marte ao Sol é 1,5 ua (ao invés $2,28 \times 10^{11}$ m).

6.2 Ano-luz

Para distâncias entre a Terra e objetos fora do Sistema Solar, torna-se inviável utilizar a unidade astronômica como distância. A segunda estrela mais próxima da Terra é a Próxima Centauri, que está a $2,7 \times 10^5$ ua. Essa distância é tão grande que mesmo se conseguíssemos viajar à velocidade da luz (300.000 km/s), ainda levaríamos aproximadamente 4 anos. A distância que a luz percorre em um ano é chamada de ano-luz, assim podemos dizer que Próxima Centauri está localizada a 4 anos-luz da Terra.

6.3 Exercícios

1. Um planetóide, chamado 90377 Sedna, gira ao redor do Sol. A distância média do Sol a Plutão é de aproximadamente 40 ua. Sedna está, atualmente, a uma distância de 84 ua do Sol. Qual é a distância entre Sedna e Plutão (supondo que eles estejam alinhados)?
2. (OBA 2004)
 - (a) A distância de 100 ua corresponde a quantos quilômetros?

- (b) A luz do Sol demora cerca de 8 minutos para chegar na Terra. Quanto tempo a luz demora para percorrer a distância de 100 ua?
3. **(OBA 2003)** Assim como o sistema solar não acaba em Netuno, ele também não termina no cinturão de Kuiper. Muito além de Netuno e do cinturão de Kuiper mas ainda pertencente ao sistema solar existe a “Nuvem de Oort”. Esta é uma região esférica, distante do Sol cerca de 1 ano-luz, e que contém os restos do material que deu origem ao sistema solar. Desta região vêm os cometas que não ficam no plano das órbitas dos planetas.
- (a) Já que falamos em anos luz, o que é mesmo um ano-luz?
- (b) Se um sinal luminoso fosse enviado da nuvem de Oort para a Terra, quanto tempo (em anos) ele demoraria para chegar até nós?
4. **(OBA 2000)**
- (a) Se a luz percorre 300.000 km num segundo, quantos quilômetros ela percorre em 5 segundos?
- (b) Sabendo que a Terra está a 149.600.000 km do Sol, quantos segundos a luz gasta para vir do Sol até a Terra?

Gabarito

1. É a diferença $84 \text{ ua} - 40 \text{ ua} = 44 \text{ ua}$.
2. (a) $1,5 \times 10^{10} \text{ km}$. (b) Se para viajar 1 ua a luz gasta 8 minutos, então para viajar 100 ua a luz gasta 800 minutos, ou seja, 100 vezes mais.
3. (a) O ano luz é uma medida de distância a qual corresponde à distância percorrida pela luz durante um ano. (b) Como o enunciado diz que ela está a um ano luz do Sol, então o tempo é de um ano.
4. (a) Multiplicando 300.000 km/s por 5 segundos, obtemos $1.500.000 \text{ km}$; (b) Dividindo-se a distância entre a Terra e o Sol ($149.600.000 \text{ km}$) pela velocidade da luz, obtemos aproximadamente 498,6 segundos.

7. Constelações e reconhecimento do céu

Devido à enorme distância⁵ entre os astros e a Terra, não conseguimos ter uma noção de quem está mais próximo ou mais distante. Assim, temos a sensação que todos estão à mesma distância de nós, como se estivessem fixos numa esfera ao redor do planeta. Chamamos essa esfera de esfera celeste (Figura 7) e podemos associar alguns elementos dela aos da esfera terrestre. Esses elementos são o Equador celeste, que é uma prolongação do Equador, dividindo a esfera celeste em dois hemisférios celestes (norte e sul); e os polos celestes norte e sul (PCN e PCS). Conforme a Terra gira ao redor de seu eixo, vemos diferentes regiões do céu e temos a sensação que as estrelas giram ao redor dos polos celestes.

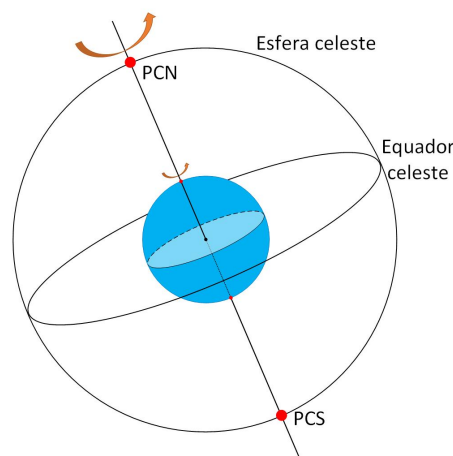


Figura 7.1: Representação da esfera celeste, com Equador celeste e polos celestes norte e sul (PCN e PCS).

⁵O astro mais próximo da Terra é a Lua. Ainda assim, cabem 30 Terras enfileiradas entre a Terra e a Lua.

7.1 Constelações

Os povos antigos costumavam associar desenhos às estrelas, para facilitar a identificação das estações do ano. Em 1929, a União Astronômica Internacional adotou 88 constelações oficiais, onde cada constelação região limitada da esfera celeste, e não linhas imaginárias que unem estrelas. O nome de uma constelação está diretamente relacionado ao desenho formado por algumas estrelas da região. Entretanto, podem haver estrelas que não fazem parte do desenho. Um exemplo é a constelação do Cruzeiro do Sul (Figura 7.2): além das quatro estrelas que formam o desenho cruz há uma quinta estrela bastante brilhosa, conhecida como Intrometida.

Cruzeiro do Sul

A constelação do Cruzeiro do Sul é uma das constelações mais evidentes do Brasil, tanto que faz parte de nossa bandeira. Ela é visível ao longo de todo ano e, como o próprio nome sugere, está localizada no hemisfério celeste sul. A partir da cruz, podemos localizar o polo celeste sul e, conseqüentemente, o ponto cardeal sul. Prolongando quatro vezes e meia o braço maior da cruz a partir de sua estrela mais brilhante, no sentido do pé da cruz, temos a localização aproximada do polo celeste sul. A partir dessa posição, basta traçar uma linha perpendicular ao horizonte. A interseção dessa linha com o horizonte marca a localização aproximada do ponto cardeal sul. Esse procedimento é ilustrado na Figura 7.3.

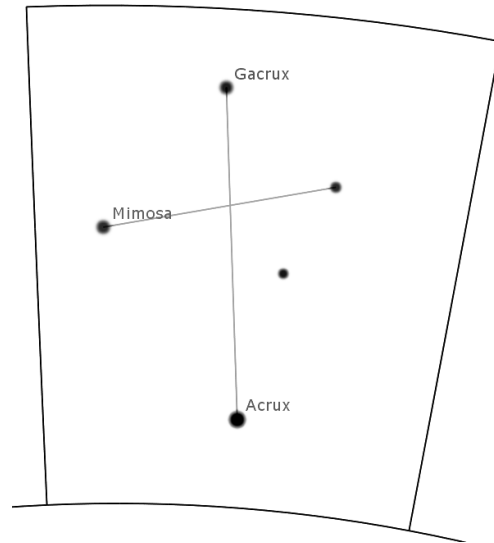


Figura 7.2: Constelação do Cruzeiro do Sul.

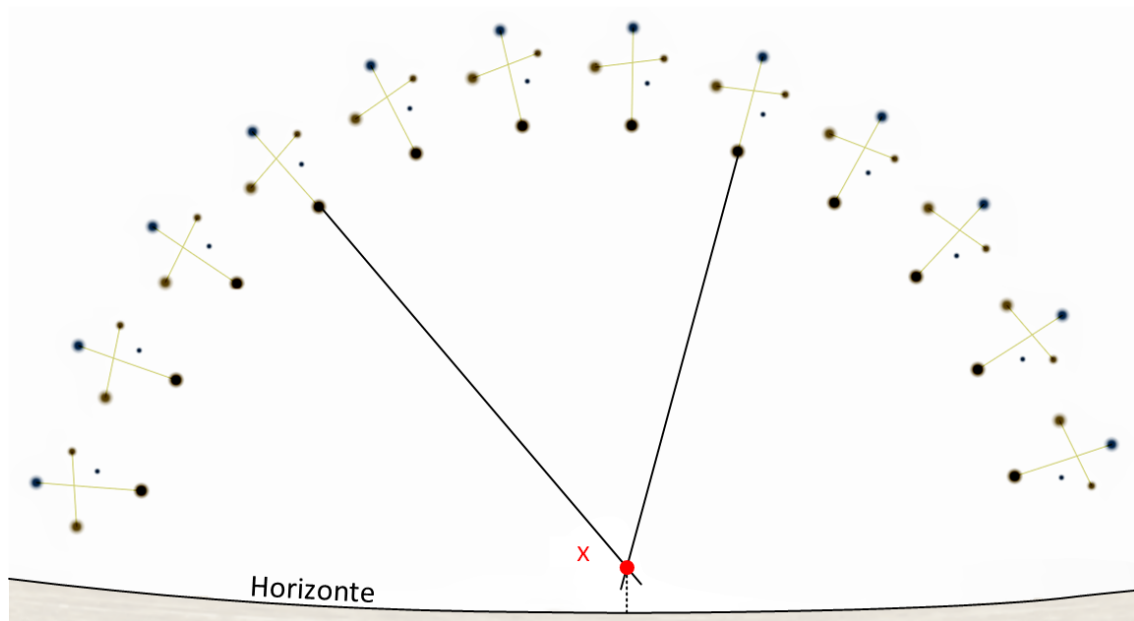


Figura 7.3: Representação da posição da constelação do Cruzeiro do Sul no céu, de hora em hora. O polo celeste sul é representado pelo "X" e sua a posição aproximada, pelo círculo.

Órion

A constelação de Órion está visível durante o verão (por volta de dezembro a março). Na mitologia, Órion foi um gigante caçador. Sua estrela alfa⁶ é Betelgeuse⁷ e Rigel é a beta da constelação. Uma maneira de localizar a constelação é encontrando as estrelas popularmente conhecidas como “As Três Marias”. Essas estrelas estão praticamente alinhadas e compõem o cinturão de Órion.

Cão Maior

Acompanhando o caçador, o Cão Maior foi colocado no céu, segundo a lenda mitológica, para auxiliar Órion na caça. A estrela alfa da constelação é Sirius, que, por sinal, é a estrela mais brilhante do céu noturno. Um fato curioso é que Sirius representa, em nossa bandeira nacional, o estado do Amazonas, o maior do país.

Para localizar Sirius, e, conseqüentemente, o Cão Maior, é possível imaginar um prolongamento das Três Marias, no sentido da direita para a esquerda (para quem vê Órion “em pé”). As constelações de Órion e do Cão Maior estão representadas na 7.4 de acordo com suas posições relativas no céu.



Figura 7.4: Constelações de Órion e do Cão Maior.

Escorpião

Segundo a mitologia, Órion era bastante arrogante, a ponto de se considerar superior a qualquer animal. Artemis, deusa protetora dos animais, irritada com a falta de humildade do caçador, enviou um escorpião para duelar com Órion, o que resultou na morte do caçador. Zeus resolveu representar essa história no céu colocando Órion e o escorpião em regiões opostas do céu, de modo que o escorpião perseguisse o caçador pelo céu. Assim, quando Órion está acima do horizonte, a constelação do Escorpião ainda está abaixo.

A constelação do Escorpião está visível durante o inverno do hemisfério sul (por volta de junho a setembro). Sua estrela alfa é Antares, uma supergigante vermelha. Para localizar Antares, basta

⁶Estrela alfa (α) é a estrela mais brilhante de uma constelação. A segunda mais brilhante é a estrela beta (β); a terceira, gama (γ); e assim por diante.

⁷Como Betelgeuse é uma estrela de brilho variável, nem sempre ela é a mais brilhante.

fazer um prolongamento a partir da Intrometida, passando por Mimosa (ambas do Cruzeiro do Sul).

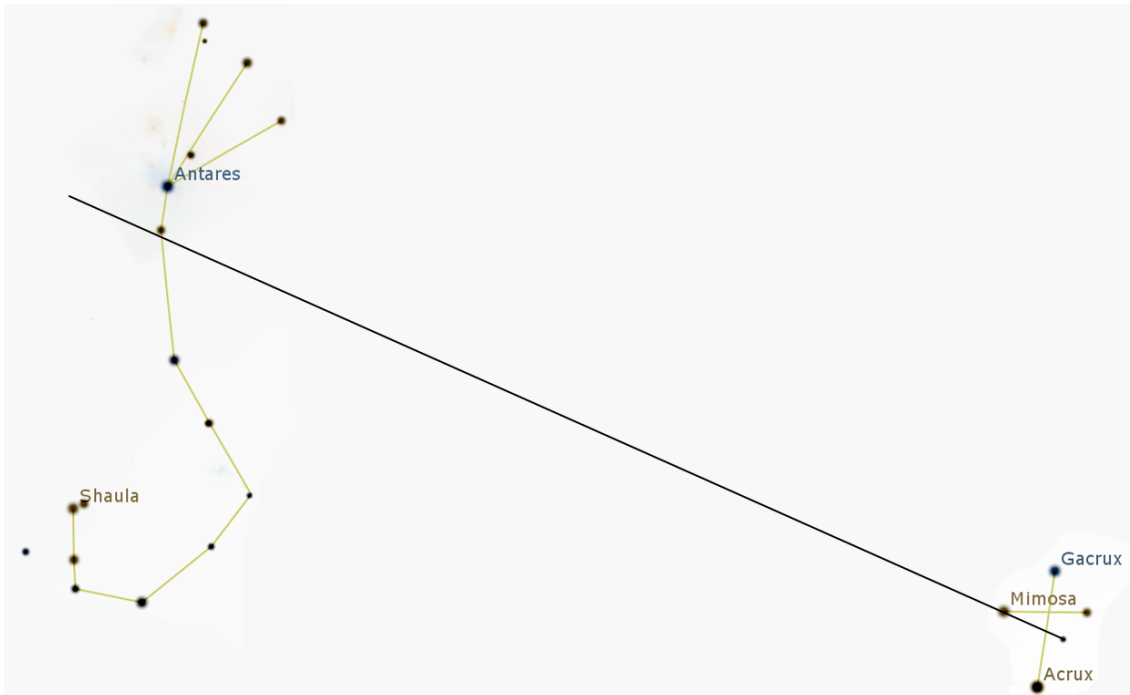
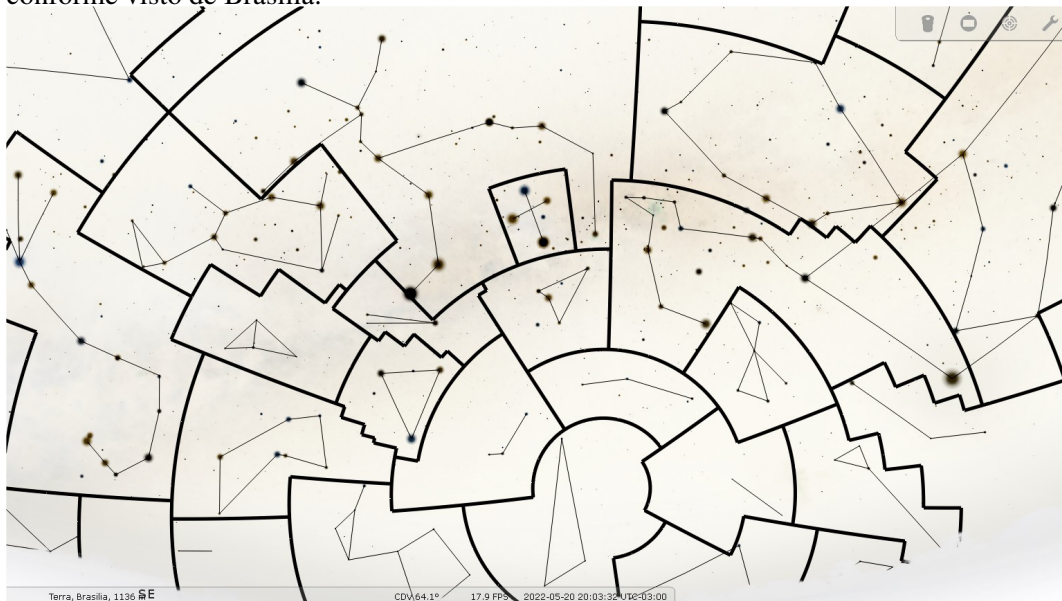


Figura 7.5: Constelação do Escorpião e sua localização a partir do Cruzeiro do Sul.

7.2 Exercícios

1. (OBA 2022 - Adaptada) A figura abaixo mostra uma parte do céu do dia 20/05/22 às 20h, conforme visto de Brasília.



Assinale a alternativa que contém os nomes de 7 constelações que podem ser identificadas na imagem.

- (a) Cruzeiro do Sul, Mosca, Unicórnio, Lobo, Cão Maior, Triângulo Austral, Touro.

- (b) Cruzeiro do Sul, Órion, Ursa Maior, Lobo, Régua, Triângulo Austral, Centauro.
- (c) Gêmeos, Órion, Balança, Lobo, Régua, Triângulo Austral, Centauro.
- (d) Cruzeiro do Sul, Mosca, Peixe Voador, Lobo, Régua, Triângulo Austral, Centauro.
- (e) Cruzeiro do Sul, Mosca, Erídano, Girafa, Régua, Camaleão, Centauro.

2. **(OBA 2021)** O Sol é o único astro do Sistema Solar que tem luz própria. Todos os demais refletem a luz dele.

Coloque **F** (Falso) ou **V** (Verdadeiro) nas afirmações abaixo.

- O Sol é o astro mais brilhante do Sistema Solar.
- A Lua Cheia, quando visível, é o segundo astro mais brilhante do céu.
- O Sol visto da Terra ou de Marte tem o mesmo brilho.
- A Lua Quarto Crescente, quando visível, é o segundo astro mais brilhante do céu.
- O Sol é o astro mais brilhante do céu porque é a maior estrela do Universo.

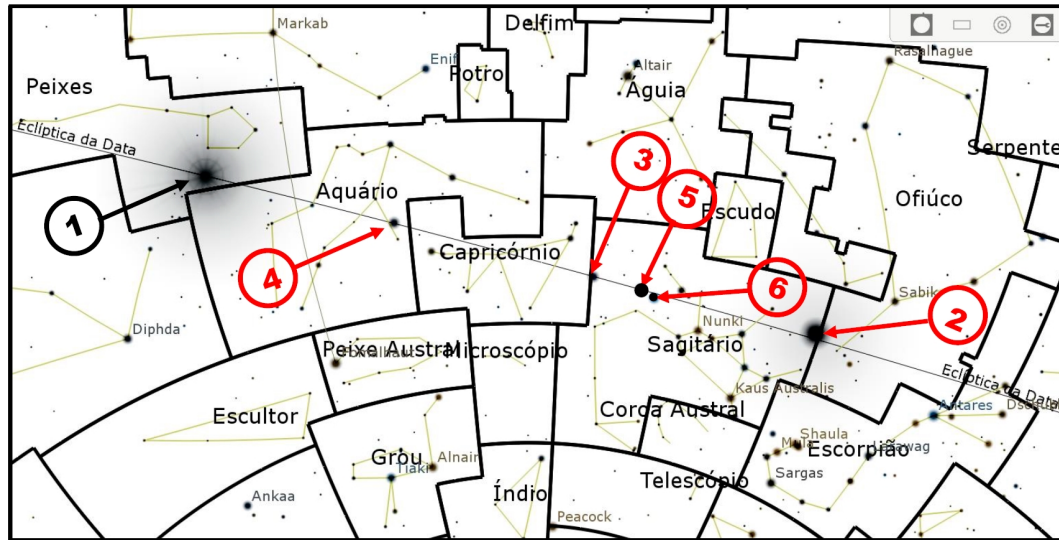
3. **(OBA 2022 - Adaptada)** A estrela Betelgeuse está a aproximadamente 720 anos-luz da Terra e a estrela Antares está a aproximadamente 605 anos-luz da Terra. Ambas são supergigantes vermelhas com diâmetros aproximadamente 900 vezes maior do que o do Sol. Antares tem temperatura superficial de 3500 kelvin e Betelgeuse é 100 kelvin mais quente do que Antares e brilha mais.

Coloque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação abaixo.

- A luz que chega de Antares saiu dela há 605 anos.
- O diâmetro da estrela depende da constelação na qual ela está e da sua cor.
- A constelação na qual está Antares está mais perto da Terra do que a constelação na qual está Betelgeuse.
- Antares está mais perto da Terra do que Betelgeuse.
- Se Antares e Betelgeuse explodirem em supernovas, no mesmo instante, veremos a luz da explosão de Antares antes da luz da explosão de Betelgeuse.

4. **(OBA 2020)** A figura abaixo mostra uma região do céu, num dia de março, onde ocorreu um interessante “alinhamento” de 4 planetas, Sol e Lua. Todos os planetas, além do Sol e da Lua, se movem numa “rodovia estelar” (ou perto dela) chamada de Eclíptica da Data, mostrada na figura.

Dado: O tamanho das “bolinhas” na figura abaixo é proporcional ao brilho aparente dos astros.



O Sol, Lua, Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno estão identificados com números de 1 a 6, não nesta ordem. Assinale em cada item o número que identifica corretamente o astro. Veja o exemplo:

Qual dos astros é o Sol? Dica: O Sol está na constelação de Peixes.

Resposta. O Sol é o astro 1.

- Qual dos astros é a Lua? Dica: A Lua está cruzando a borda das constelações de Ofiúco e Sagitário.
- Qual dos astros é Saturno? Dica: Saturno está cruzando a borda da constelação de Capricórnio.
- Qual dos astros é Mercúrio? Dica: Mercúrio é o astro mais brilhante em Aquário.
- Qual dos astros é Júpiter? Dica: Júpiter está em Sagitário, perto de Marte e brilha mais que Marte.
- Qual dos astros é Marte? Dica: Marte está em Sagitário, perto de Júpiter.

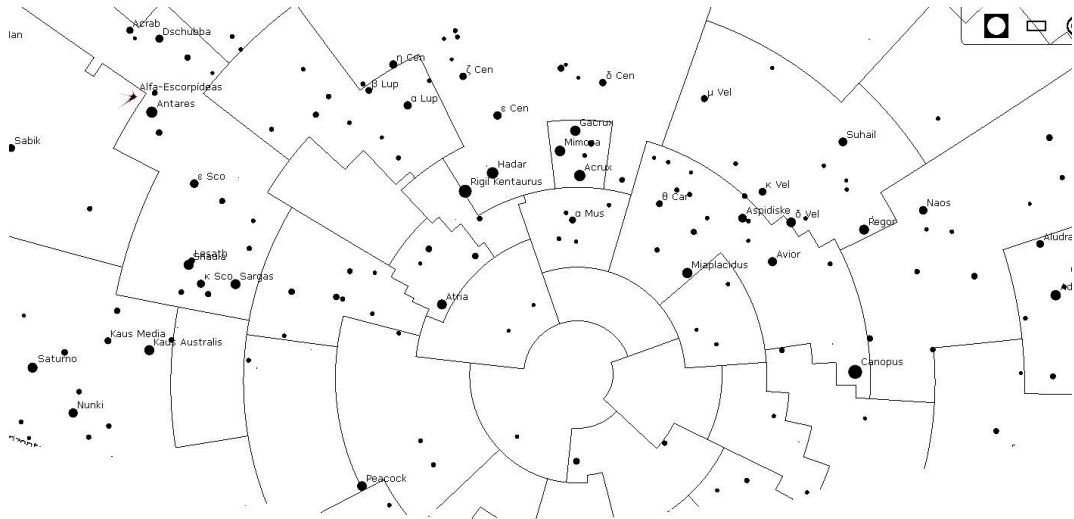
5. **(OBA 2001)** Existem constelações que são vistas principalmente no verão e outras principalmente no inverno.

- A constelação de Órion é de inverno ou verão?
- A constelação do Escorpião é de inverno ou verão?

6. **(OBA 2000)**

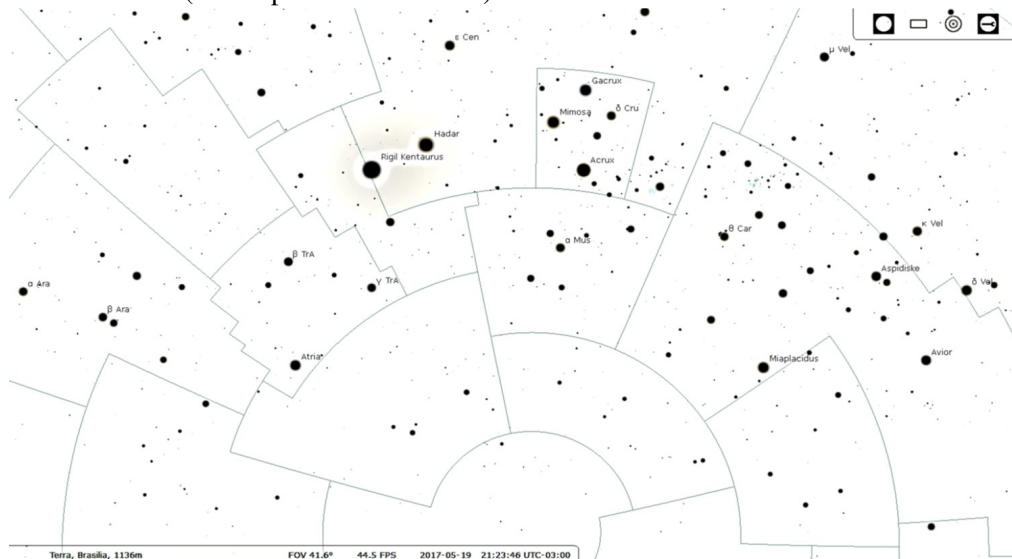
- Se você está de pé olhando para a constelação do Cruzeiro do Sul, como pode localizar o ponto cardeal sul?
- E que ponto cardeal estará à sua esquerda?
- E que ponto cardeal estará à sua direita?

7. **(OBA 2018)** A imagem abaixo mostra a região do céu próxima do Polo Celeste Sul, em 18/05/18 às 20h38min.



- Faça uma seta dupla (\Rightarrow) apontando sobre Saturno.
- Faça uma seta (\rightarrow) apontando para Antares.
- A esfera celeste é dividida em Constelações, como mostra a figura acima. Pinte a constelação do Triângulo Austral. Dica: A estrela mais brilhante desta constelação, a Alfa do Triângulo Austral, chama-se Atria, uma gigante laranja.
- Trace uma reta cruzando toda a figura acima passando por Gacrux e Acrux e outra passando por Aspidiske e Miaplácidos. A intersecção das retas marca, aproximadamente, o Polo Celeste Sul. Faça um X neste ponto.

8. (OBA 2017) A imagem a seguir mostra uma região do céu, próxima do Polo Celeste Sul, na data de 19/05/17 (dia da prova da 20ª OBA).



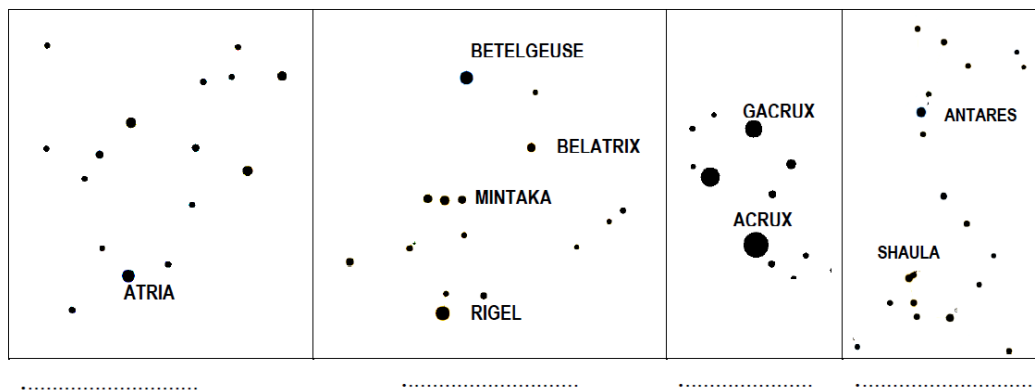
- Faça um grande X ocupando toda a área da constelação do Cruzeiro do Sul.
 - Faça uma seta (\rightarrow) sobre a estrela mais brilhante do Cruzeiro do Sul.
 - Faça uma seta dupla (\Rightarrow) sobre a estrela mais próxima ao Sol. Dica: ela é a mais brilhante desta região do céu.
 - Para qual direção cardinal (Norte, Sul, Leste, Oeste) está voltada esta região do céu?
9. (OBA 2015) No dia 8 de setembro de 2014 milhares de pessoas encantaram-se com a configuração de Vênus e da Lua, muito próximos no céu, conforme mostra a foto de Renan Santos, abaixo.



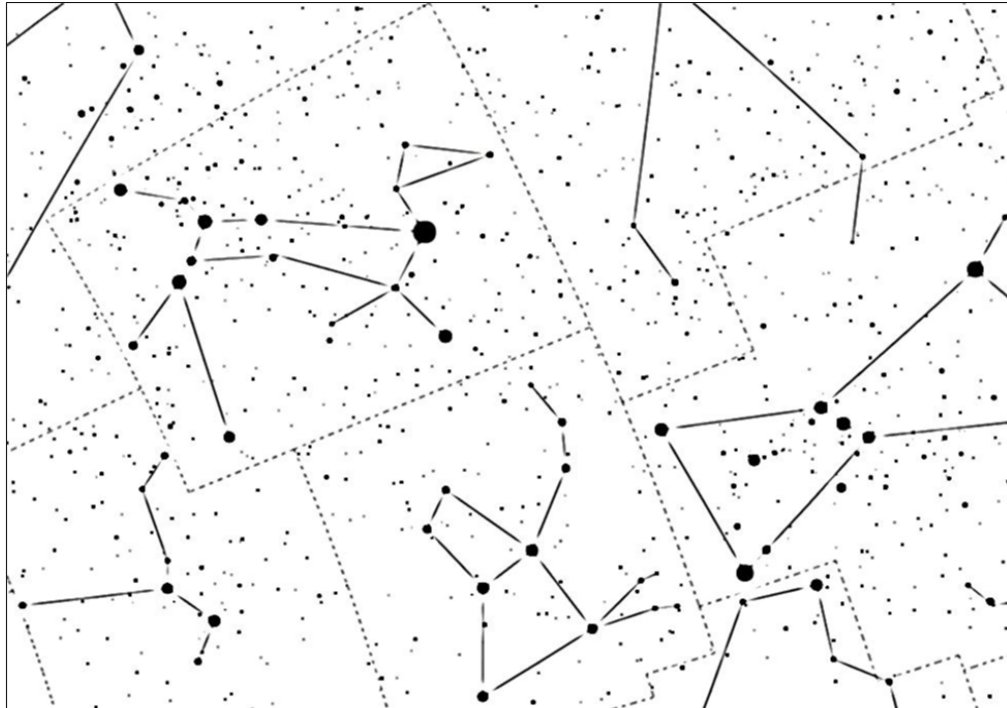
No dia seguinte,

- (a) as pessoas puderam visualizar a mesma configuração.
- (b) a configuração foi diferente porque o movimento aparente de Vênus é mais rápido que o da Lua.
- (c) a configuração foi diferente porque a posição aparente da Lua muda rapidamente no céu.
- (d) a configuração foi a mesma, mas a fração iluminada da Lua era diferente.

10. **(OBA 2014)** Escreva debaixo de cada constelação o nome dela.



11. **(OBA 2013 - Adaptada)** Na figura abaixo vemos a representação de uma parte do céu visto do Brasil, do meio de julho ao meio de maio.

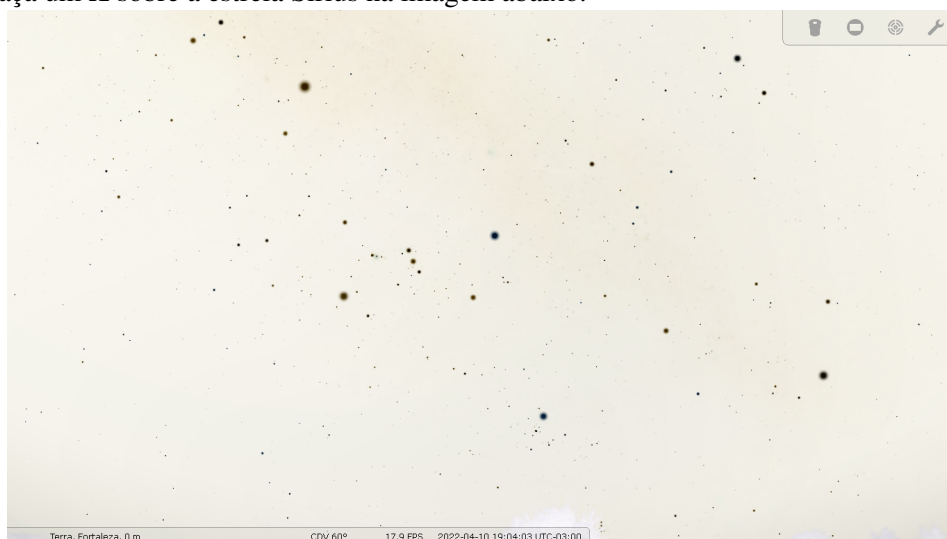


- (a) Escreva, na figura acima, 1, 2, e 3 ao lado de cada uma das “Três Marias”, 4 ao lado de Betelgeuse e 5 ao lado de Sirius.
- (b) Certo dia, em Macapá, latitude de aproximadamente 0° grau, observamos Mintaka (uma das três Marias) sobre nossas cabeças logo após o pôr do Sol. Quantas horas depois se pôs Mintaka?

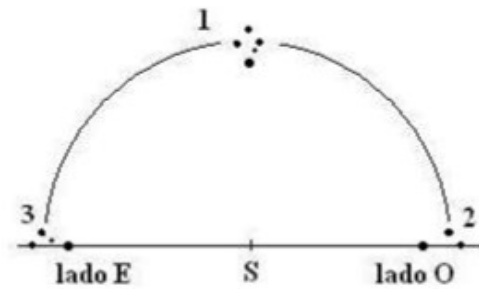
12. **(OBA 2011)** Todo o céu foi dividido em 88 áreas, ou constelações, logo, toda estrela está numa constelação. Qual é a única estrela que não está fixa em nenhuma constelação?

13. **(OBA 2010)**

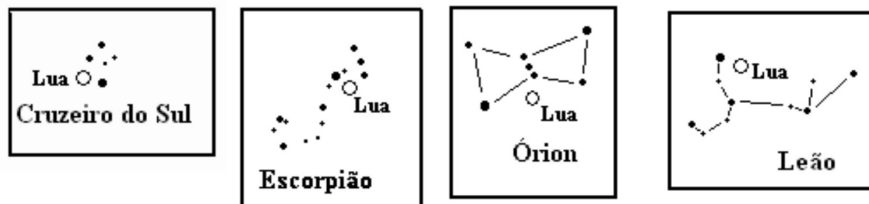
- (a) Faça um **quadrado** ao redor da constelação de Órion na imagem abaixo.
- (b) Faça um **X** sobre a estrela Sirius na imagem abaixo.



14. **(OBA 2007)** Em determinada noite, **às 19 horas**, alguém que more próximo do equador terrestre vê o Cruzeiro do Sul na **posição 1** a fazer o movimento abaixo esquematizado.

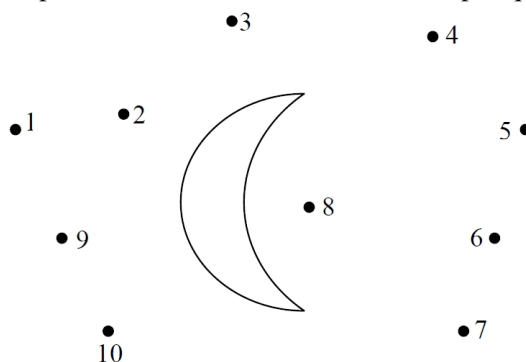


- (a) A que horas, aproximadamente, o Cruzeiro do Sul vai estar na posição 2, na mesma noite?
- (b) Quantas horas, aproximadamente, serão necessárias para o Cruzeiro do Sul ir da posição 2 para a posição 3, no mesmo dia? Desconsidere a refração atmosférica.
15. (OBA 2007) O Sol, aparentemente, se desloca ao longo do ano, por constelações chamadas zodiacais devido à translação da Terra em torno dele e a Lua caminha no céu, também pelas constelações zodiacais, como resultado de sua translação em torno da Terra. Carneiro, Touro, Gêmeos, Caranguejo, Leão, Virgem, Balança, Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes são as constelações zodiacais na ordem em que Sol e Lua as percorrem. Em duas das figuras abaixo a Lua está projetada sobre constelações nas quais ela jamais será vista. Assinale com um X essas constelações sobre as quais a Lua não pode ser vista da Terra.



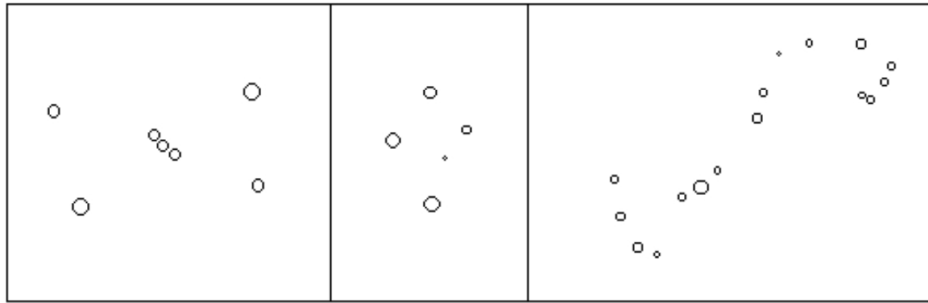
Observação: Constelações e Lua fora de escala relativa.

16. (OBA 2005) Na abertura de uma telenovela antiga, via-se através de uma janela a Lua e estrelas ao seu redor, conforme ilustra a figura a seguir. Nesta figura os pontinhos pretos são estrelas. Qual estrela não poderia estar desenhada onde está e por quê?



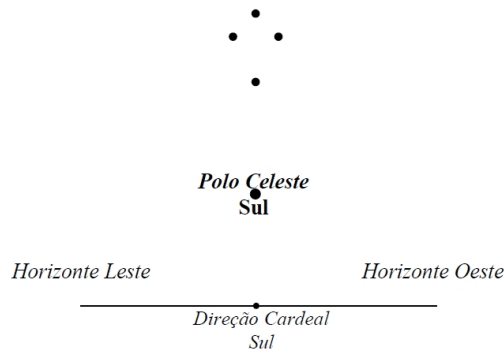
17. (OBA 2004) Os desenhos abaixo mostram três constelações que podem ser vistas nos céus do Brasil: O Cruzeiro do Sul, o gigante Órion e o Escorpião.

- (a) Pinte as “Três Marias” da constelação de Órion na figura abaixo. Faça um círculo ao redor das estrelas que constituem a constelação do Cruzeiro do Sul.



(b) Na figura acima, na constelação do Escorpião, Antares foi desenhada maior do que as outras. Indique qual estrela é Antares.

18. (OBA 2004) Vamos supor que numa certa noite, em algum lugar aqui do hemisfério Sul alguém veja o Cruzeiro do Sul quando ele está passando pelo meridiano local, ou seja, ele está passando pelo ponto mais alto do céu, e neste caso o Cruzeiro está bem de pé, como mostra a figura a seguir. Além disso, vamos supor que de onde está esse nosso observador hipotético, o polo celeste sul fique exatamente na metade da altura entre o horizonte Sul do observador e a estrela do pé do Cruzeiro do Sul, conforme ilustra a figura ao lado.



Desenhe na figura acima, o Cruzeiro do Sul onde ele vai estar 3 horas depois, 6 horas depois e 9 horas depois da primeira observação retratada na figura ao lado. Indique qual é a figura correspondente a 3 horas depois, 6 horas depois e 9 horas depois da observação inicial que já está retratada na figura.

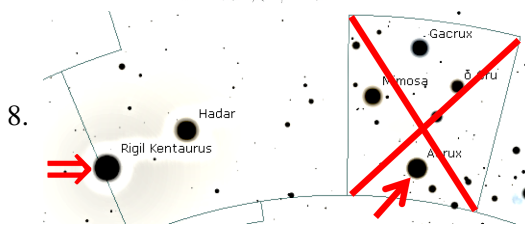
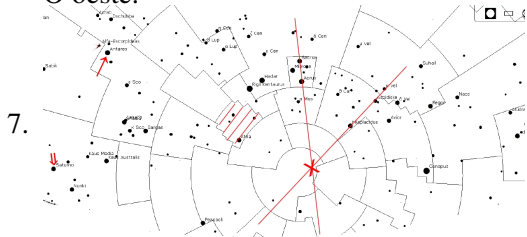
19. (OBA 2003) Desenhe a “constelação das Três Marias”.
20. (OBA 2005) Os povos antigos observando as estrelas e imaginando linhas ligando as estrelas associavam a elas figuras de animais, objetos, deuses, etc.
- Desenhe a figura da constelação chamada Cruzeiro do Sul e não esqueça que ela tem cinco estrelas.
 - A constelação de Órion não é tão conhecida como a do Cruzeiro do Sul, mas um pedaço dela é bastante conhecido no Brasil como As Três Marias. Desenhe esse pedaço da constelação de Órion, chamado As Três Marias.
 - Outra constelação muito bonita e de fácil localização é a constelação do Escorpião. Qual é a cor da estrela mais brilhante da constelação do Escorpião?

Gabarito

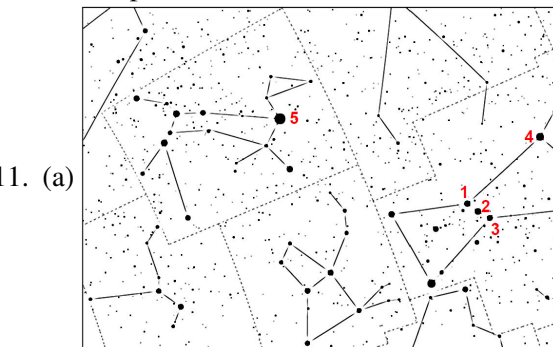
1. (d)
2. V - V - F - V - F
3. V - F - F - V - V
4. (a) A Lua é o astro 1. (b) Saturno é o astro 2. (c) Mercúrio é o astro 3. (d) Júpiter é o astro 4. (e) Marte é o astro 5.

5. (a) Órion é uma constelação de verão (para o hemisfério sul). (b) Escorpião é uma constelação de inverno (também para o hemisfério sul).

6. (a) Prolongando quatro vezes e meia o braço maior do Cruzeiro do Sul a partir de sua estrela mais brilhante, no sentido do pé da cruz, achamos o polo Sul celeste do lugar. Desse ponto, traçando uma perpendicular ao horizonte, achamos o ponto cardeal sul. Ficando de frente para ele, o norte estará às suas costas. (b) O leste. (c) O oeste.



- 7.
- 8.
9. (c)
10. Triângulo Austral, Órion, Cruzeiro do Sul e Escorpião.



11. (a)
- (b) Nesta latitude, zero grau, qualquer estrela observada no zênite se põe 6h depois. Mintaka, em especial, está sobre o equador celeste, ou seja, no mesmo plano do terrestre.

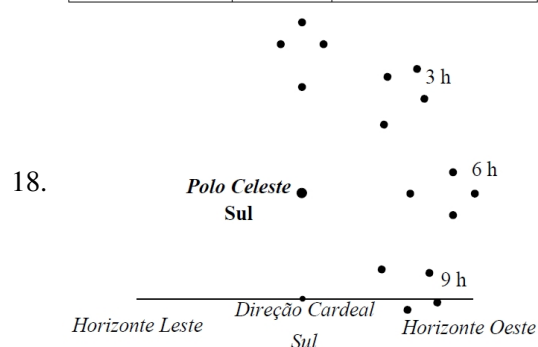
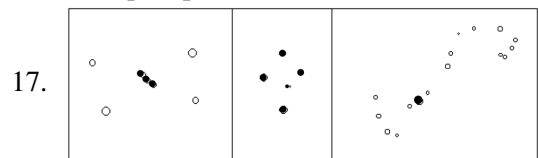
12. O Sol.



- 13.
14. (a) Estará na posição 2 às 01 h 00 min, ou uma hora depois da meia noite (já do dia seguinte). (b) 12 horas, pois para dar uma volta completa ele precisa de 24 horas aproximadamente.

15. Como o Cruzeiro do Sul e Órion não são constelações zodiacais, a Lua nunca será vista, da Terra, passando por estas constelações (Cruzeiro do Sul e Órion).

16. A estrela de número 8 não poderia estar desenhada onde está. Para existir uma estrela ali ela deveria estar entre a Lua e a Terra, o que é impossível. Também não pode estar atrás da Lua, pois ficaria encoberta pela parte oculta do satélite.



- 17.
- 18.

19. Algo muito parecido com isso: * * *

20. (a) Espera-se um desenho semelhante à Figura 7.2, incluindo a Intrometida. A inclinação e a distância entre as estrelas não importa, desde que seja possível ver a forma da cruz. (b) Espera-se um desenho com três estrelas praticamente alinhadas. (c) Avermelhada (ela é uma estrela supergigante vermelha).



Bibliografia

- [1] João Batista Garcia Canalle. “O Problema do Ensino da Órbita da Terra”. Em: *Física na Escola* 4.2 (2003).
- [2] NASA Planetary Science Division. *NASA Solar System Exploration*. 2022. URL: <https://solarsystem.nasa.gov/>.
- [3] S.O. Kepler e Maria de Fátima Oliveira Saraiva. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: Livraria da Física, 2014.
- [4] J. M. Klatt et al. “Possible link between Earth’s rotation rate and oxygenation”. Em: *Nat. Geosci.* 14 (2021), páginas 564–570.
- [5] OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. 2022. URL: <http://www.oba.org.br/>.
- [6] International Astronomical Union. *The Constellations*. 2022. URL: <https://www.iau.org/public/themes/constellations>.
- [7] Hugh D. Young e Roger A. Freedman. *Física II, Sears e Zemansky: termodinâmica e ondas*. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2015.