



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Proposta de um modelo robótico baseado em Arduino para o ensino de  
Astronomia

Vinícius de Paula Silveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física, Instituto de Física, da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título  
de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Helio Salim Amorim

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2024

Proposta de um modelo robótico baseado em Arduino para o ensino de  
Astronomia

Vinícius de Paula Silveira

Orientador:  
Helio Salim Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. Helio Salim Amorim (UFRJ-Interno) (Presidente)

---

Dr. Germano Maioli Penello (UFRJ-Interno)

---

Dra. Claudine Dereczynski (UFRJ-Externo)

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

S587p      Silveira, Vinícius de Paula  
Proposta de um modelo robótico baseado em Arduino  
para o ensino de Astronomia / Vinícius de Paula  
Silveira. -- Rio de Janeiro, 2024.  
120 f.

Orientador: Helio Salim Amorim.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós  
Graduação em Ensino de Física, 2024.

1. Ensino de Física. 2. Astronomia. 3. Modelo  
robótico. 4. Arduino. I. Amorim, Helio Salim,  
orient. II. Título.

Dedico este trabalho a todos que  
valorizam a oportunidade de aprender.

## **Agradecimentos**

Agradeço imensamente ao Professor Helio Amorim, meu orientador, pela sua orientação fundamental, auxílio constante e paciência ao longo deste processo. Sua expertise e dedicação foram pilares para o sucesso desta pesquisa.

À minha esposa, Viviane, e aos meus filhos, Arthur e Maria Fernanda, expresso meu sincero agradecimento pelo apoio incondicional. Agradeço também aos meus pais pelo valor que sempre deram à minha formação e à educação que recebi em casa.

Gostaria de estender meu reconhecimento aos amigos Daniel Avila e Rodrigo Perez pela parceria durante o curso e por me incentivarem a ingressar no programa de mestrado. Um agradecimento especial ao meu amigo Anderson de Oliveira Ribeiro, doutor em Astronomia, por seu valioso auxílio em diversas etapas da produção deste trabalho.

Por fim, dedico um reconhecimento especial aos criadores de conteúdo Iberê Tenório, Flávio Guimarães e Bruno Campos, dos canais do YouTube “Manual do Mundo”, “Brincando com Ideias” e “CFB Cursos”, respectivamente. A valiosa contribuição de seus conteúdos foi uma fonte inestimável de inspiração e enriqueceu sobremaneira a idealização e produção desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Proposal for a robotic model based on Arduino for teaching Astronomy

Vinícius de Paula Silveira

Orientador:  
Helio Salim Amorim

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho examina os desafios associados ao ensino de conceitos astronômicos na Educação básica com maior foco no Ensino médio, particularmente no que diz respeito ao sistema Terra-Sol-Lua, propondo uma solução inovadora por meio de um modelo robótico interativo baseado na plataforma Arduino. A pesquisa identificou lacunas comuns no ensino de Astronomia e destacou a necessidade de estratégias pedagógicas alternativas. O modelo robótico, como uma ferramenta educacional, oferece uma abordagem prática e dinâmica, incentivando a descoberta ativa e uma compreensão mais profunda dos fenômenos astronômicos. A integração de tecnologias interativas no ensino de conceitos complexos se apresenta como um meio promissor de enriquecer a experiência educacional.

Palavras-chave: Ensino de Física, Astronomia, Modelo robótico, Arduino.

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2024

## **ABSTRACT**

Proposal for an interactive model based on Arduino for teaching Astronomy

Vinícius de Paula Silveira

Supervisor:  
Helio Salim Amorim

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work examines the challenges associated with teaching astronomical concepts in basic education with a greater focus on secondary education, particularly about the Earth-Sun-Moon system, proposing an innovative solution through an interactive robotic model based on the Arduino platform. The research identified common gaps in Astronomy teaching and highlighted the need for alternative pedagogical strategies. The robotic model, as an educational tool, offers a practical and dynamic approach, encouraging active discovery and a deeper understanding of astronomical phenomena. The integration of interactive technologies in teaching complex concepts presents itself as a promising means of enriching the educational experience.

Keywords: Physics education, Astronomy, Robotic model, Arduino.

Rio de Janeiro  
January 2024

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2 Fundamentos de astronomia e contexto educacional .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Movimentos do planeta Terra .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Translação.....	4
2.1.2 Rotação .....	5
2.1.3 Precessão .....	6
2.1.4 Nutação.....	6
<b>2.2 Movimentos da Lua .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Revolução .....	7
2.2.2 Rotação.....	8
<b>2.3 As fases da Lua .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Lua Nova .....	11
2.3.2 Quarto crescente .....	11
2.3.3 Lua Cheia.....	12
2.3.4 Quarto minguante .....	12
<b>2.4 Eclipses .....</b>	<b>13</b>
2.4.1 Sombra e Penumbra.....	14
2.4.2 Eclipse Solar .....	15
2.4.3 Eclipse Lunar.....	17
<b>2.5 Ensino de astronomia no Brasil.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Desafios no ensino de astronomia.....</b>	<b>20</b>
<b>2.7 Proposta de construção de um modelo físico .....</b>	<b>26</b>
<b>Capítulo 3 Desenvolvimento do Modelo e Metodologia de Ensino .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Apresentação do modelo .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Prototipação.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Fabricação .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4 Arduino.....</b>	<b>35</b>
<b>3.5 Router CNC a laser.....</b>	<b>37</b>
3.5.1 Modelo utilizado.....	37
3.5.2 Parâmetros .....	39
<b>3.6 Aplicação do material para os alunos .....</b>	<b>40</b>
3.6.1 Pré-teste .....	41
3.6.2 Apresentação da aula .....	44
3.6.3 Pós teste .....	46
3.6.4 Análise das respostas .....	46
<b>Capítulo 4 Considerações Finais .....</b>	<b>51</b>
<b>Referências:.....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE A Material do professor .....</b>	<b>54</b>



## **Lista de siglas**

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CNC: Computer Numerical Control

IDE: *Integrated Development Environment*

EM: Ensino Médio

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio

LED: *Light Emitting Diode*

MDF: *Medium Density Fiberboard*

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

# Capítulo 1

## Introdução

A observação do céu é uma das práticas mais antigas da humanidade. Desde os homens primitivos até os modernos astrônomos com seus telescópios de alta tecnologia, o céu noturno tem sido uma constante fonte de mistério, inspiração e conhecimento. A imensidão do universo e a complexidade dos corpos celestes provocam tanto admiração quanto questionamentos.

Dentro desta vasta área de estudo, a relação entre a Terra, o Sol e a Lua ocupam um lugar de destaque. Esses três corpos celestes, tão próximos de nós e tão interligados em seus movimentos, influenciam direta e indiretamente a vida na Terra. Eclipses, fases da Lua, estações do ano, entre outros fenômenos, são manifestações visíveis dessas interações, que desempenham papéis cruciais em nossa compreensão da cronologia do tempo, clima e até mesmo da própria natureza da vida.

Contudo, a complexidade desses fenômenos muitas vezes os torna desafiadores de serem compreendidos em sua totalidade. Segundo Carvalho e Ramos (2020), no contexto da educação básica especialmente no Brasil, o modo como o ensino de astronomia é abordado pode não estar atendendo às necessidades dos alunos. O Capítulo 2 deste trabalho visa apresentar os conceitos astronômicos associados às fases da Lua e aos eclipses. Além disso, esse capítulo busca identificar onde estão as possíveis falhas e equívocos conceituais cometidos pelos estudantes e os possíveis motivos.

Traduzir a grandeza do universo para a linguagem e compreensão dos alunos vai além de simplesmente oferecer palavras e imagens em um livro didático. Essa tradução exige uma abordagem que não só engaje, mas que efetivamente facilite a aprendizagem, tornando os conceitos astronômicos mais acessíveis e compreensíveis. A aprendizagem significativa ocorre quando os estudantes conseguem relacionar o novo conhecimento com o que já sabem, e nesse sentido, métodos interativos e práticos se mostram bastante úteis. O Capítulo 3 apresenta a proposta de um modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua (Figura 1) como uma ferramenta potencial para atingir esse objetivo. Ele é constituído essencialmente por uma base em MDF de 38 cm por 50 cm com componentes de eletrônica básica e uma placa Arduino que movem e sustentam os modelos do planeta Terra e da Lua. Há também uma base de aproximadamente 30 cm de altura em MDF que

sustenta uma lanterna que simula a presença do Sol. Ele é capaz de simular todas as fases da Lua em uma revolução lunar completa sem que haja eclipses devido à inclinação do plano de órbita da Lua. Contudo, havendo um alinhamento específico é possível simular os eclipses do Sol e da Lua. Para que seja possível o transporte e a apresentação numa sala de aula convencional ele não representa todos os modelos em escala.



*Figura 1: Foto do modelo robótico desenvolvido neste trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.*

Em uma era onde a tecnologia permeia quase todos os aspectos de nossa vida diária, é imperativo que consideremos suas possibilidades transformadoras no contexto educacional, não apenas para engajar, mas, primordialmente, para potencializar o processo de aprendizagem.

A implementação de um modelo robótico, mais do que apenas uma novidade tecnológica, representa uma tentativa concreta de trazer a dinâmica do espaço para as mãos dos estudantes. Com ele, conceitos antes abstratos podem ser visualizados e compreendidos de forma prática. Os estudantes têm a oportunidade não apenas de observar, mas de interagir, questionar e experimentar, tornando o processo de aprendizagem muito mais ativo e participativo.

Ao longo deste trabalho, busca-se traçar um panorama da atual situação do ensino de astronomia, identificar os principais desafios e propor soluções inovadoras que possam fazer a diferença na sala de aula. Em um mundo em constante mudança e evolução, a educação não pode ficar para trás. É nosso dever, enquanto educadores e pesquisadores, buscar constantemente novas abordagens, métodos e ferramentas que possam enriquecer a experiência educacional de nossos alunos. O Capítulo 4 sintetiza os desafios enfrentados no ensino de astronomia e as descobertas obtidas com o modelo robótico interativo, mostrando sua eficácia em superar equívocos comuns entre os alunos. Destaca a importância da inovação pedagógica e sugere caminhos para futuras práticas educativas e pesquisas, enfatizando a evolução contínua das metodologias de ensino.

Finalmente, este trabalho não pretende ser uma resposta definitiva, mas sim um ponto de partida, um convite à reflexão e discussão sobre como podemos melhorar e inovar no ensino de conceitos tão fundamentais e fascinantes quanto os fenômenos astronômicos.

## Capítulo 2

### Fundamentos de astronomia e contexto educacional

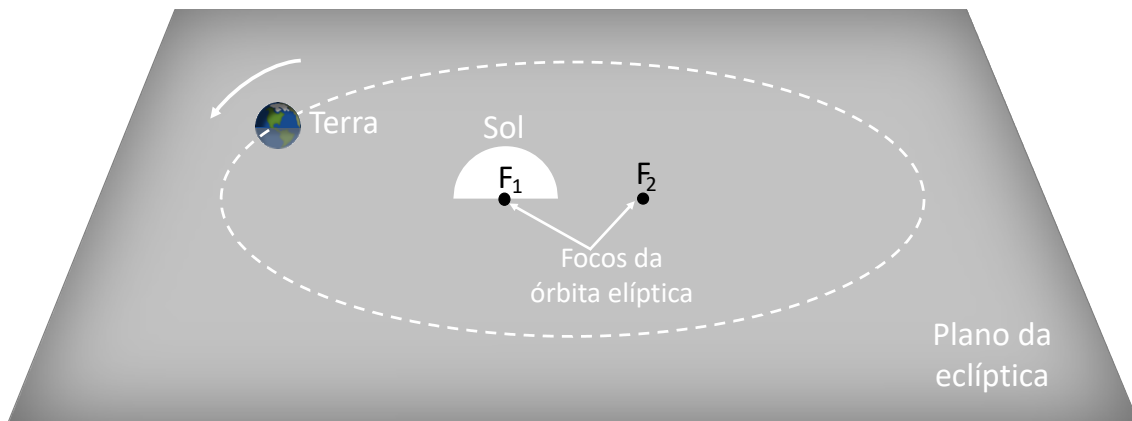
O estudo da astronomia é repleto de descobertas com um forte potencial de encantar pessoas de todas as idades. Compreender as relações entre o que ocorre no céu e suas consequências na Terra são desafios encarados pela humanidade há milênios. Os movimentos dos astros no céu, as estações do ano, as fases da Lua e os eclipses são apenas alguns exemplos importantes, não apenas para a ciência, mas também para a nossa compreensão do mundo. Em um contexto de sala de aula, os fenômenos astronômicos podem ter um papel inspirador para que os alunos se interessem por Ciências e pelo estudo de maneira geral. Contudo, a grandeza do Universo é comparável ao desafio de ensiná-los por uma série de fatores, que vão desde a falta de recursos até a complexidade geométrica e matemática. Este capítulo tem como objetivo explicitar os fenômenos astronômicos básicos, envolvendo o sistema Terra-Sol-Lua, bem como elucidar os desafios do ensino de Física e astronomia no Brasil.

#### 2.1 Movimentos do planeta Terra

O movimento do planeta Terra pode ser descrito como a composição de vários outros, dentre os quais destaca-se a Translação, Rotação, Precessão e Nutação.

##### 2.1.1 Translação

O movimento de translação da Terra descreve uma trajetória com a forma de uma elipse onde a posição do centro de massa do sistema Terra/Sol se situa em um de seus focos. Como a massa da Terra é muito reduzida quando comparada com a do Sol, pode-se considerar a posição dele situada em um dos focos da elipse definida pela órbita terrestre conforme indicado na Figura 2. Esta órbita localiza-se sobre um plano denominado **plano da eclíptica**. A denominação "eclíptica" origina-se da palavra grega "*ekleipsis*", significando "eclipse" (Wikipedia, 2024). Esse termo é empregado devido aos eclipses solares e lunares ocorrerem somente quando a Lua se posiciona nas proximidades deste plano. A escolha deste termo reflete, portanto, não apenas um aspecto geométrico da órbita terrestre, mas também uma conexão profunda com os fenômenos astronômicos que têm fascinado a humanidade desde tempos antigos.

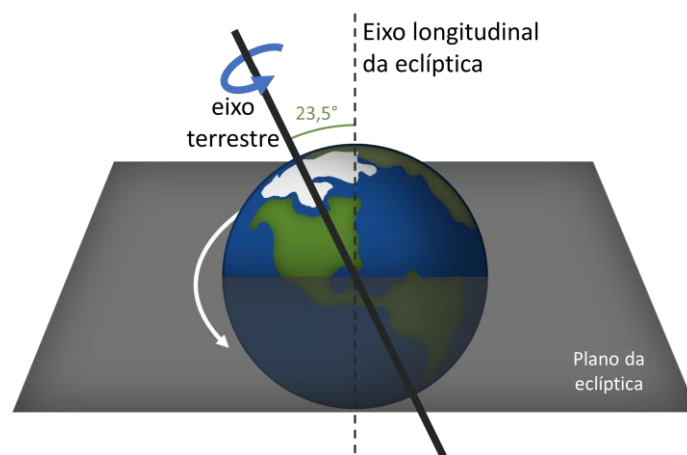


**Figura 2:** Representação esquemática fora de escala da órbita terrestre em relação ao Sol sob o plano da eclíptica. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.1.2 Rotação

O movimento realizado pelo planeta Terra em torno de uma linha imaginária denominada **eixo terrestre**, que cruza o seu centro e os seus polos conforme a Figura 3, chama-se rotação.

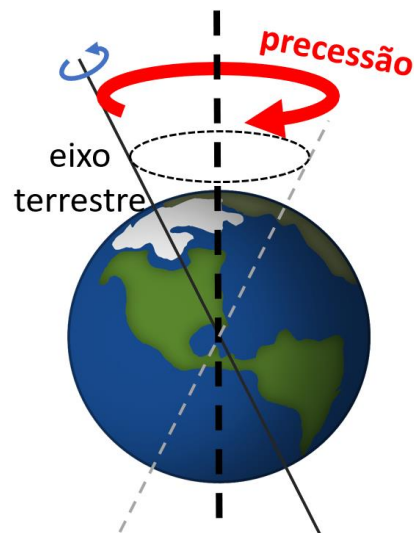
O eixo terrestre encontra-se inclinado, aproximadamente, a  $23,5^\circ$  com relação ao eixo longitudinal do plano da Eclíptica. Esta inclinação tem profunda correlação com as estações do ano e a duração do dia e da noite em cada local do planeta. Para um ponto de vista situado acima do polo norte terrestre, o movimento de rotação se dá no sentido anti-horário, assim como o de translação.



**Figura 3:** Representação esquemática dos movimentos de rotação e translação da Terra. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.1.3 Precessão

A precessão dos equinócios é um movimento lento e contínuo do eixo de rotação da Terra que resulta numa alteração gradual da orientação do eixo terrestre no espaço. Esse fenômeno, que se assemelha ao movimento de um pião quando começa a perder a força e a oscilar, ocorre devido à ação gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua sobre a Terra e se encontra representado na Figura 4. O eixo de rotação descreve um cone completo em um processo que leva aproximadamente 26.000 anos para ser completado, conhecido como um ciclo precessional.



**Figura 4:** Representação esquemática do movimento de precessão da Terra. Fonte: Elaborado pelo

Este movimento tem implicações diretas na observação astronômica, pois afeta a posição aparente das estrelas e constelações no céu ao longo de milênios. No entanto, dentro do escopo de um ano, ou mesmo ao longo de várias gerações humanas, a precessão exerce um impacto quase imperceptível. A sua influência se torna relevante apenas em escalas de tempo muito maiores, sendo, portanto, considerada desprezível para observações astronômicas e estudos realizados em períodos temporais mais curtos.

### 2.1.4 Nutação

A Nutação é um fenômeno que se refere a pequenas oscilações ou variações periódicas na inclinação do eixo de rotação da Terra, superpostas ao movimento de precessão. Como resultado, o eixo de rotação da Terra executa uma série de movimentos

ligeiros, que podem ser descritos como uma "tremulação" em torno de sua trajetória precessional média. Maiores detalhes sobre os movimentos de Precessão e Nutação podem ser encontrados na obra de Alonso e Finn (1972), que oferece uma exposição aprofundada sobre mecânica clássica e seus fundamentos.

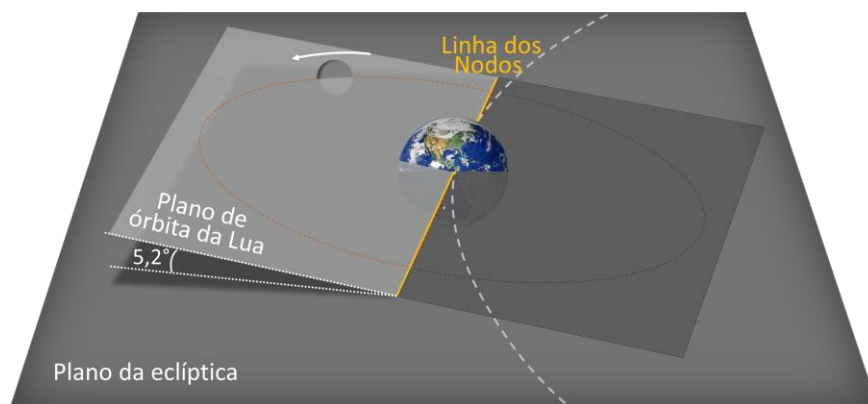
Embora a Nutação seja um movimento de grande relevância científica, seus efeitos são relativamente modestos e muitas vezes imperceptíveis no curto prazo, como no período de um ano. Assim, em escalas de tempo humanas típicas, inclusive para observações astronômicas cotidianas, os impactos da Nutação podem ser considerados desprezíveis.

## 2.2 Movimentos da Lua

A Lua é o satélite natural do planeta Terra. Seu movimento pode ser bem descrito como composição de dois movimentos: a Revolução e a Rotação:

### 2.2.1 Revolução

A revolução da Lua é o seu movimento de translação em torno do planeta Terra. Sua órbita tem um formato elíptico, cujo centro de massa do sistema Terra-Lua situa-se em um de seus focos. O tempo necessário para que a Lua percorra uma órbita completa é conhecido como período sideral e dura, aproximadamente, 27,3 dias terrestres.



**Figura 5:** Representação esquemática fora de escala do plano de órbita da Lua e da linha dos nodos. Fonte: Elaborado pelo autor.



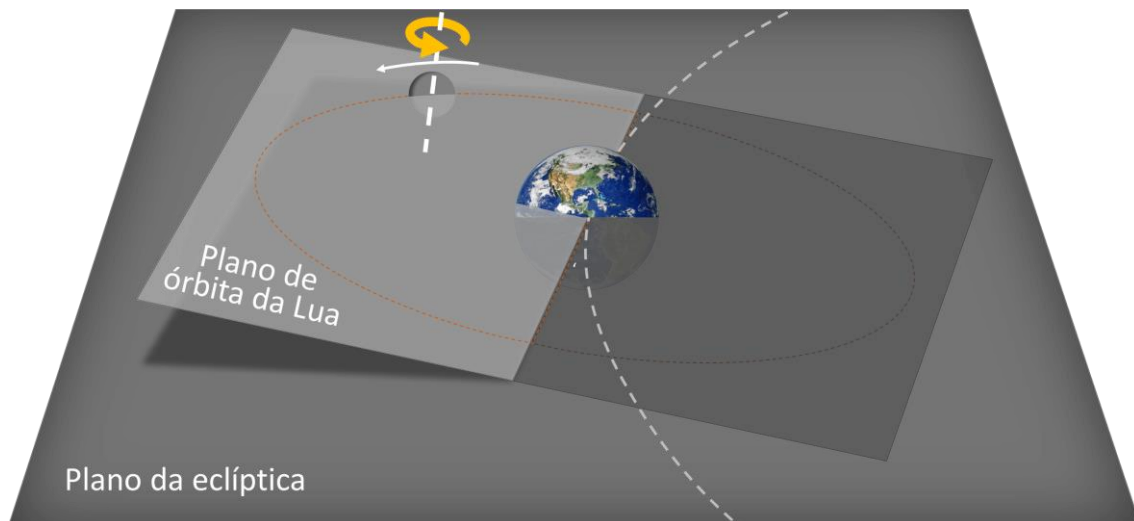
É importante destacar que o plano de órbita da Lua não é paralelo ao plano da eclíptica, havendo um ângulo aproximado de  $5,2^\circ$  entre eles conforme a Figura 5. Sob um ponto de vista situado acima do polo norte terrestre, o sentido da revolução é o mesmo da rotação terrestre, ou seja, anti-horário. A intersecção entre o plano de órbita da Lua e o plano da Eclíptica é denominada **Linha dos Nodos**.

O plano de órbita da Lua por sua vez gira em relação às estrelas. Desta maneira, a linha dos nodos completa uma volta sob o plano da Eclíptica após aproximadamente 18 anos, 11 dias e 8 horas conhecido como período de Saros.

Além da compreensão dos movimentos de revolução e rotação da Lua, é interessante destacar a trajetória deste satélite natural em relação ao Sol, um aspecto que desafia frequentemente a intuição comum. A órbita da Lua, quando observada a partir de um referencial fixo no Sol, revela características não intuitivas, as quais foram amplamente mal interpretadas em diversos textos de referência, resultando em uma disseminação de concepções errôneas sobre este movimento astronômico. Como discutido por Aguiar, Baroni e Farina (2009), as noções usuais sobre a trajetória da Lua ao redor do Sol são frequentemente equivocadas devido a uma tendência em subestimar a influência gravitacional do Sol sobre a Lua, levando a suposições incorretas sobre a geometria da órbita lunar. Este estudo oferece uma descrição simplificada da geometria da órbita lunar, evidenciando a necessidade de reconsiderar as concepções tradicionais e enfatizando a importância da interação Sol-Lua na definição da trajetória deste satélite.

### 2.2.2 Rotação

A rotação da Lua é o seu movimento em torno do próprio eixo. Possui um período igual ao de sua revolução de aproximadamente 27,3 dias terrestres e ocorre no mesmo sentido de acordo com a Figura 6. Devido a este fato, a Lua descreve o que é conhecido como **movimento síncrono**, ou seja, ela se move mantendo a mesma face voltada para a Terra. O lado da Lua voltado para a Terra é também conhecido como **lado próximo**, já o lado oposto como **lado distante**. Eles se encontram representados na Figura 7.



**Figura 6:** Representação esquemática fora de escala do movimento síncrono da Lua em torno do planeta Terra. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 7:** Lados próximo (esquerda) e distante (direita) da Lua respectivamente. Fonte: NASA.

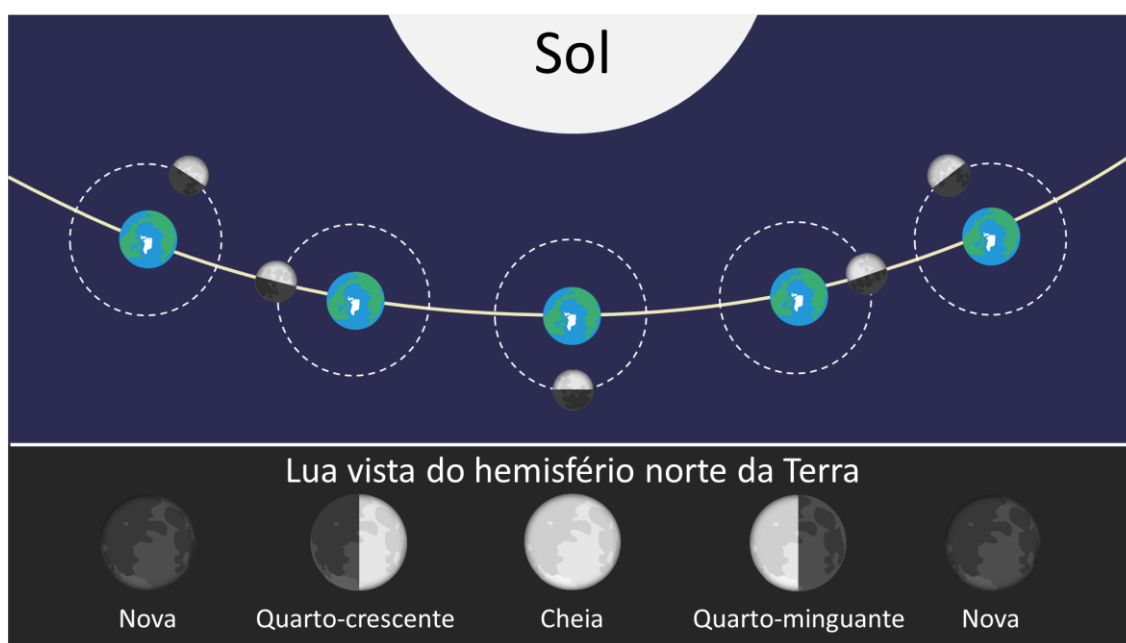
Uma vez apresentados os movimentos da Terra e da Lua, a compreensão das dimensões e proporções é importante para completar a fundamentação do trabalho. Com valores aproximados, a Lua possui um raio equatorial de 1.737,5 km e encontra-se a uma distância média do planeta Terra de 384.400 km. De uma maneira mais simples, o diâmetro equatorial da Terra é em torno de 3,7 vezes o da Lua e a distância que os separa é de, aproximadamente, 30,2 vezes o diâmetro da Terra como pode ser visualizado na Figura 8.



*Figura 8: Representação da Terra e da Lua com tamanhos e distância em escala. Fonte: Elaborado pelo autor.*

### 2.3 As fases da Lua

Quando a Lua recebe a incidência da luz solar, fica com metade de sua superfície iluminada (lado diurno) e a outra metade escura (lado noturno). Quando o ponto de vista está na Terra, a depender da região iluminada visível, serão formadas as fases da Lua. No Brasil é comum classificar 4 fases: Nova, Quarto Crescente, Cheia e Quarto Minguante. Alguns países adotam 8 fases, com 4 fases para além das citadas: Nova, Crescente Côncava, Quarto Crescente, Crescente Convexa, Cheia, Minguante Convexa, Quarto Minguante e Minguante Côncava. É comum substituir o termo “Convexa” por Gibosa. (Sociedade Astronômica Brasileira, 2021).



*Figura 9: Representação fora de escala das posições da Lua ao longo de um período sinódico com relação a cada fase. Fonte: Elaborado pelo autor.*

O tempo que separa duas fases idênticas consecutivas da Lua é chamado de **período sinódico** ou de **lunação** e dura, aproximadamente, 29 dias 12 horas 44

minutos e 04 segundos. Esse tempo é maior do que o período sideral devido ao movimento de translação da Terra, ou seja, a Lua precisa dar mais do que uma volta completa em torno da Terra para que se repita uma determinada fase como pode ser visto na Figura 9.

### 2.3.1 *Lua Nova*

A Lua Nova tem seu lado noturno voltado para o planeta Terra conforme indica a Figura 10. Para um observador na Terra, a posição da Lua no céu fica próxima ao Sol. Desta maneira, os horários de nascer e pôr da Lua são próximos aos horários de nascer e pôr do Sol, ou seja, em torno de 6 h e 18 h, respectivamente.



**Figura 10:** Representação esquemática do sistema Terra-Lua fora de escala durante a fase Nova da Lua. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3.2 *Quarto crescente*

Nesta fase, um observador na Terra consegue ver a Lua iluminada pela metade conforme indica a Figura 11. O nascimento e o pôr da Lua ocorrem, respectivamente, por volta de meio-dia e meia noite. Para um observador localizado no hemisfério norte do planeta Terra, a Lua apresenta seu lado diurno mais à direita. Já para um observador no hemisfério Sul, mais à esquerda.



**Figura 11:** Representação esquemática do sistema Terra-Lua fora de escala durante a fase Quarto Crescente da Lua. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3.3 Lua Cheia

A Lua Cheia ocorre quando sua face diurna se encontra voltada para a Terra conforme indica a Figura 12. Como a Lua e o Sol estão em oposição, o nascer e o pôr da Lua ocorrem em oposição ao Sol, ou seja, respectivamente 18 h e 6 h.

### 2.3.4 Quarto minguante

No quarto minguante, assim como o quarto crescente, a Lua pode ser vista iluminada pela metade conforme indica a Figura 13.

Desta vez, o observador do hemisfério norte do planeta a vê iluminada mais à esquerda e no hemisfério Sul, mais à direita. O nascimento e o pôr da Lua ocorrem, respectivamente, por volta de meia-noite e meio-dia.



**Figura 12:** Representação esquemática do sistema Terra-Lua fora de escala durante a fase Lua Cheia. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 13:** Representação esquemática do sistema Terra-Lua fora de escala durante a fase Quarto Minguante da Lua. Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.4 Eclipses

Os eclipses ocorrem quando há um alinhamento entre o Sol, a Terra e a Lua. Este alinhamento só é possível quando o Sol se encontra sobre a Linha dos Nodos como será

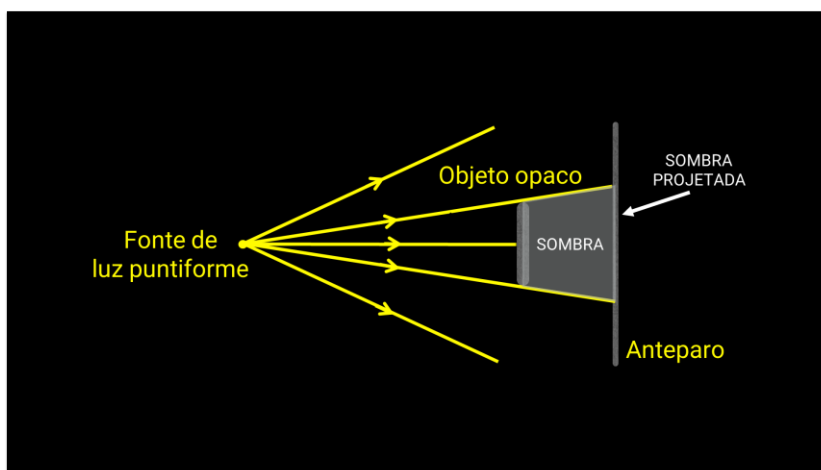
visto com mais detalhes adiante. Esta possibilidade acontece duas vezes por ano quando ocorrem as chamadas temporadas de eclipses. Há dois tipos de eclipses: o Solar e o Lunar.

Contudo, para que haja uma compreensão mais ampla destes fenômenos, é importante haver uma familiarização com os temas de sombra e penumbra para os casos em que uma fonte de luz ilumina um objeto opaco.

### 2.4.1 Sombra e Penumbra

Quando apenas uma fonte puntiforme de luz ilumina um objeto opaco há o surgimento de uma região iluminada e outra região sem iluminação. Esta região isenta de iluminação é chamada de sombra ou umbra. Caso haja um anteparo de projeção da luz, haverá uma sombra projetada sobre ele conforme representado na Figura 14.

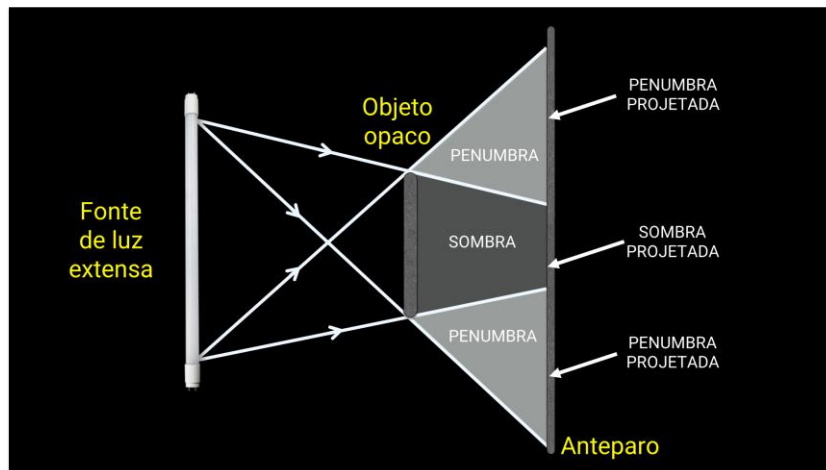
Quando apenas uma fonte de luz extensa ilumina um objeto opaco haverá uma região iluminada, outra de sombra e uma com iluminação parcial chamada de penumbra. Caso haja um anteparo de projeção da luz haverá a possibilidade da formação de sombras e penumbras projetadas conforme indica a figura 15.



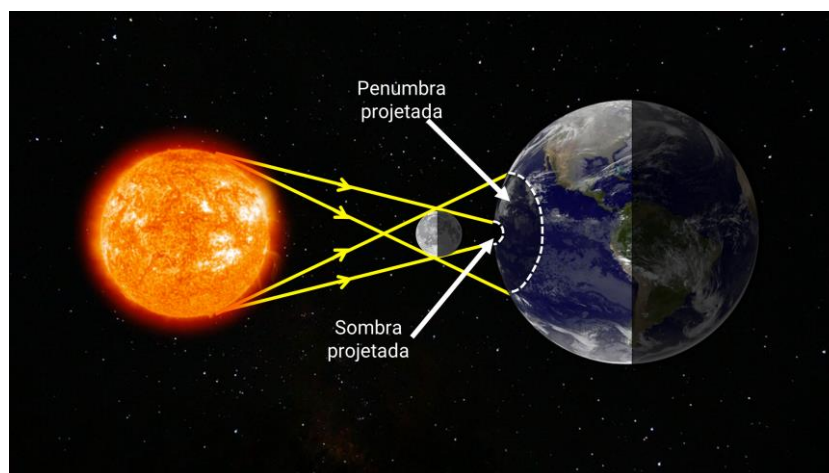
**Figura 14:** Representação de uma fonte de luz puntiforme gerando sombra devido ao posicionamento de um objeto opaco. Fonte: Elaborado pelo autor.

A definição de uma fonte de luz como puntiforme ou extensa depende das dimensões do contexto. De maneira geral, uma lâmpada residencial no teto de uma casa é um exemplo de fonte de luz extensa para uma pessoa que ali se encontra, sendo capaz de produzir sombras e penumbras. Contudo pode ser considerada puntiforme para uma observação feita a partir de uma outra casa no final da rua, já que suas dimensões se tornarão desprezíveis neste contexto. Dependendo da distância e das proporções de cada

situação, o Sol pode ser considerado uma fonte extensa ou puntiforme. Contudo, considerando o sistema Terra/Sol/Lua, o Sol será considerado fonte extensa visto que forma sombras e penumbras quando sua luz é bloqueada pelo planeta Terra ou pela Lua. A Figura 16 representa o Sol projetando sombra e penumbra sobre o planeta Terra devido a presença da Lua quando se encontram alinhados.



**Figura 15:** Representação de uma fonte de luz extensa gerando uma região de sombra e penumbra devido ao posicionamento de um objeto opaco. Fonte: Elaborado pelo autor.

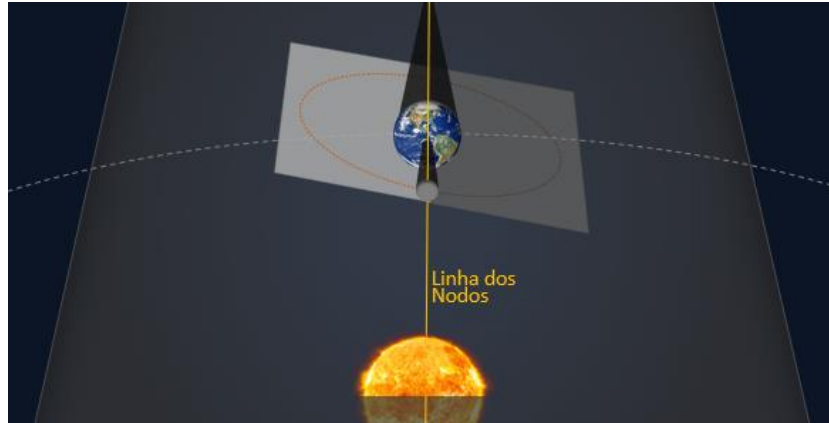


**Figura 16:** Representação fora de escala do Sol como fonte de Luz extensa projetando sombra e penumbra sobre o planeta Terra devido a presença da Lua durante um alinhamento. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 2.4.2 Eclipse Solar

Ocorre um eclipse solar quando a Lua nova se interpõe entre o Sol e a Terra, estando o Sol sobre a Linha dos Nodos conforme indica a Figura 17.





**Figura 17:** Representação esquemática fora de escala de um Eclipse Solar. A região escura representa a região de sombra. A penumbra não foi representada. Fonte: Elaborado pelo autor.

Se um observador estiver posicionado no Planeta Terra sobre a sombra projetada pela Lua, visualizará a Lua encobrir completamente o Sol e presenciará o **Eclipse Solar Total**. O observador posicionado na Terra sobre a penumbra projetada, ou seja, na região parcialmente iluminada, visualizará a Lua encobrir parcialmente o Sol, configurando o **Eclipse Solar Parcial**. Se a Lua se encontrar mais distante da Terra no momento do eclipse, pode não haver sombra projetada sobre a Terra possibilitando a ocorrência do **eclipse anular** (ou anelar), em que a Lua impede a visualização do Sol parcialmente, revelando apenas sua região mais periférica e criando uma imagem semelhante a um anel. A Figura 18 ilustra a visão de um observador na Terra observando os eclipses citados.



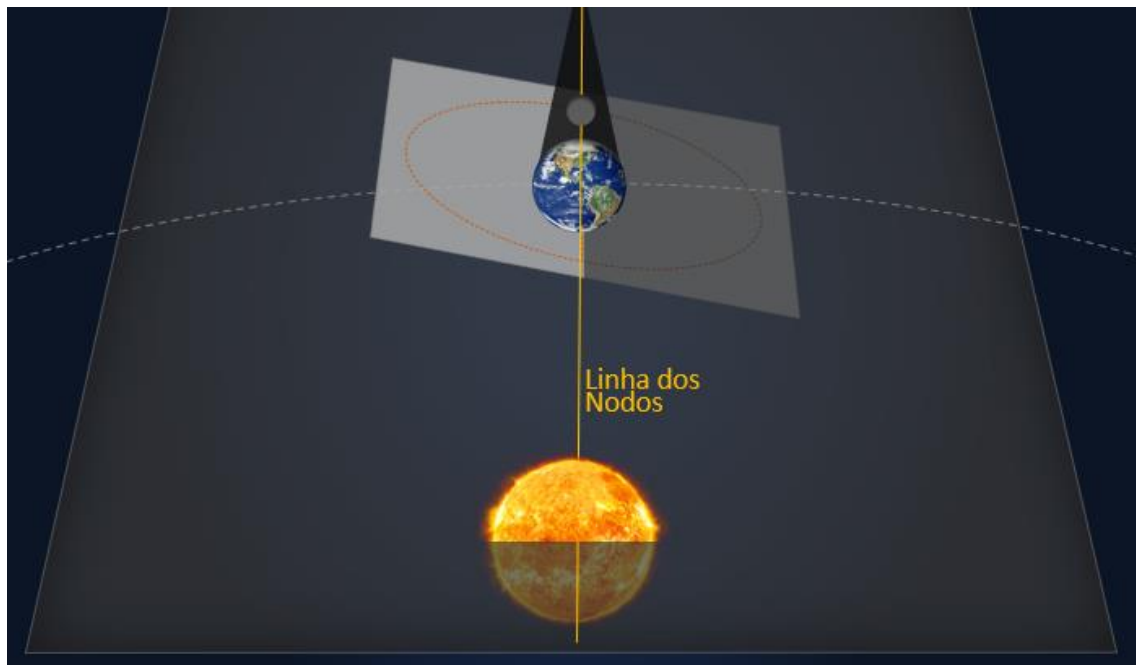
**Figura 18:** Representação do eclipse solar parcial, anular e total. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.4.3 Eclipse Lunar

Ocorre um eclipse lunar quando a Terra se interpõe entre a Lua cheia e o Sol, estando o Sol sobre a Linha dos Nodos conforme a Figura 19.

Quando a sombra da Terra se projeta sobre toda a Lua, ocorre um **Eclipse Lunar Total**. Caso a penumbra da Terra se projete sobre a Lua, ocorrerá um **Eclipse Lunar Penumbral**.

Durante o eclipse total da Lua, ocorre o fenômeno em que a Terra bloqueia a incidência direta da luz solar sobre a Lua. Entretanto, a luz solar que atravessa a atmosfera terrestre sofre um desvio devido à refração luminosa, e parte do espectro próximo à cor azul é dispersada pela atmosfera, seguindo o princípio chamado de espalhamento de Rayleigh. Como resultado desse processo, a luz que atinge a Lua torna-se predominantemente avermelhada, ocasionando uma alteração na sua coloração. Este fenômeno é comumente denominado “Lua de sangue”. A figura 20 apresenta o eclipse total da Lua numa sequência cronológica.



*Figura 19: Representação esquemática fora de escala do sistema Terra-Sol-Lua durante o eclipse lunar. Fonte: Elaborado pelo autor*



*Figura 20: Ilustração com uma sequência de fotos da Lua durante o eclipse lunar. Fonte: NASA/Rami Daud*

Diante dos dados apresentados foi construída uma base de pensamento importante para o desenvolvimento do trabalho. Com isso, pode-se partir para os desafios do ensino e aprendizado desses tópicos na educação básica brasileira do ensino Fundamental até o Ensino Médio.

## **2.5 Ensino de astronomia no Brasil**

O ensino de Astronomia no Brasil passou por mudanças ao longo do tempo, diante dos avanços nas pesquisas científicas, das mudanças no currículo básico e na sociedade como um todo. Para compreender o cenário atual, será feita uma análise a partir da Lei de Diretrizes Básicas da Educação Brasileira de 1996. Ela levou à elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que tinham como objetivo traçar as diretrizes a serem seguidas pelos estados brasileiros na elaboração de seus currículos com foco na formação para a cidadania.

Em 2013, o Plano Nacional de Educação levantou a necessidade da criação de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que determinou quais são os conhecimentos fundamentais que devem estar ao alcance de todos os estudantes brasileiros. Nos PCN, a Astronomia já era um conteúdo recorrente e, com a BNCC, ela passou a fazer parte do conteúdo ministrado em todas as séries da educação básica desde o 1º ano do Ensino Fundamental.

Na BNCC do Ensino Fundamental (Brasil 2017), há três unidades temáticas para a área de Ciências da Natureza: “Matéria e energia”, “Vida e evolução” e “Terra e

Universo”. Nessas unidades estão os objetos de conhecimento e as habilidades que representam as aprendizagens essenciais. Dentre os objetos de conhecimento da unidade temática “Terra e Universo” que se relacionam com a Astronomia, podemos destacar: “Observação do céu”, “Movimento de rotação da Terra”, “Periodicidade das fases da Lua”, “Sistema Sol, Terra e Lua”, “Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo”, “Astronomia e cultura”, “Vida Humana fora da Terra”, “Ordem de grandeza astronômica” e “Evolução estelar”.

Já na BNCC do Ensino Médio (Brasil, 2018), há duas unidades temáticas: “Matéria e Energia” e “Vida, Terra e Cosmos”. A área de Ciências da Natureza e suas tecnologias apresenta três “competências específicas”, relacionadas, cada uma, a um conjunto de habilidades. Os conceitos de Astronomia estão mais diretamente relacionados à Competência 2:

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

No âmbito desta competência, as habilidades que remetem a astronomia estão descritas no Quadro 1:

*Quadro 1: Competências da BNCC do Ensino médio relacionadas com a astronomia.*

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo
(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

Com relação à implementação da BNCC nas escolas, de acordo com Carvalho e Ramos (2020), espera-se que nos anos finais do Ensino Fundamental os alunos dominem os conhecimentos básicos sobre o Sistema Solar, Evolução estelar e Astronomia cultural. Já no Ensino Médio, que continuem trabalhando as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação

Universal de Newton, mas devem contemplar também os conteúdos de evolução estelar, o surgimento e evolução da Terra e do Universo.

Será preciso organizar-se pedagogicamente para produzir propostas de ensino que partam da concepção de ensino que vai do concreto – e das observações cotidianas – para o abstrato – os modelos e formulações matemáticas. (CARVALHO E RAMOS, 2020)

A BNCC e os PCN destacam a relevância da Astronomia no currículo escolar, não apenas como um campo de estudo, mas como uma ferramenta para estimular o pensamento crítico, a curiosidade e a compreensão de mundo. A partir desses documentos, entende-se que o ensino de Astronomia deve ser pautado em experiências concretas, utilizando observações e experimentos práticos como ponto de partida. Esse meio permite que os estudantes primeiro compreendam os fenômenos astronômicos de maneira tangível, para depois mergulharem em conceitos mais abstratos e complexos. Dessa forma, o aprendizado torna-se mais significativo, contextualizado e, sobretudo, engajador, preparando os alunos para uma compreensão profunda e apreciativa do cosmos e de seu lugar nele.

## **2.6 Desafios no ensino de astronomia**

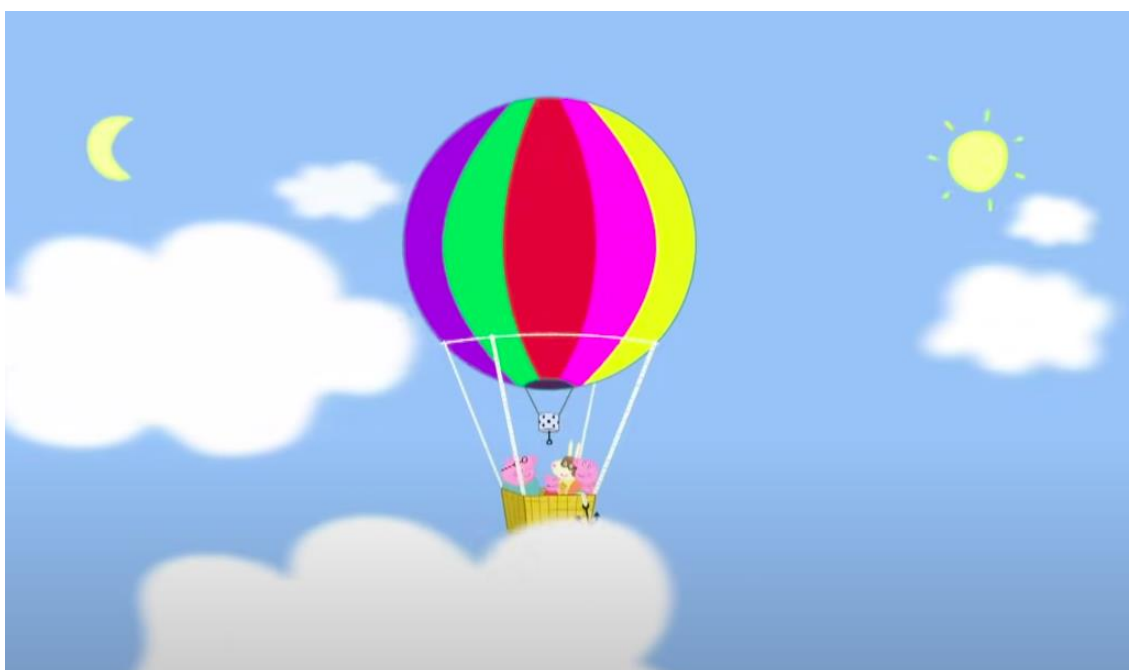
Quando nos deparamos com a beleza de um céu estrelado em algum lugar distante da poluição típica das cidades grandes, podemos ter uma pequena noção de como era o céu visto na Antiguidade. Não é por acaso que a Astronomia é uma das ciências mais antigas, dado o fascínio que ela é capaz de causar no ser humano. Entretanto, ensinar e encantar os alunos com o estudo de fenômenos astronômicos tem sido uma tarefa árdua.

Ao observar o céu diariamente, do ponto de vista terrestre, os alunos são confrontados com aquilo que veem nos livros de ciências. Segundo Tebbutt (1993), é necessário um grande salto de imaginação para compreender o modelo heliocêntrico para quem não tem uma visão a partir de um ponto de fora do planeta Terra. Por terem estudado os aspectos e fenômenos astronômicos no Ensino Fundamental, os alunos costumam chegar ao Ensino Médio afirmando que o Sol está no centro do Sistema Solar,

que ele é uma estrela e tem luz própria, que a Lua não tem luz própria e que gira em torno do planeta Terra. Contudo, é espantosa a dificuldade que eles normalmente apresentam na hora de relacionar estas afirmações com aquilo que eles observam diariamente no céu.

Em uma pesquisa inicial para a produção deste trabalho, apresentou-se imagens de desenhos animados para um total de trinta e sete alunos de duas turmas de 3ª série do Ensino Médio na instituição “Escola Nova” (Gávea, Rio de Janeiro) no ano de 2022, solicitando que acusassem as incoerências nas imagens, caso existissem. Entre as imagens, estava uma que representa personagens de uma fábula viajando de balão quando se percebe o Sol e a Lua no céu (Figura 21).

É sabido que o Sol e a Lua podem ser vistos simultaneamente no céu e a face iluminada da Lua deve ser aquela voltada para o Sol. Diante disso, perguntou-se “Há alguma incoerência na imagem? Em caso afirmativo, justifique”. As respostas dos alunos, apesar de serem discursivas, foram dispostas em seis grupos de respostas semelhantes e estão apresentadas na Tabela 1. É importante notar que a soma das porcentagens supera 100%, já que alguns alunos deram mais de uma resposta para a mesma pergunta.



**Figura 21:** Desenho animado onde a face iluminada da Lua não se encontra voltada para o Sol. Fonte: Youtube

*Tabela 1: Porcentagem de respostas dadas pelos alunos. Fonte: Aferido pelo autor*

<b>Resposta</b>	<b>Porcentagem</b>
“é impossível ver o Sol e a Lua ao mesmo tempo”	54%
“Tudo certo”	16%
outros	16%
“Muito alto para um balão”	8%
“é impossível o balão voar com a chama apagada”	5%
“A Lua está iluminada do lado errado”	5%

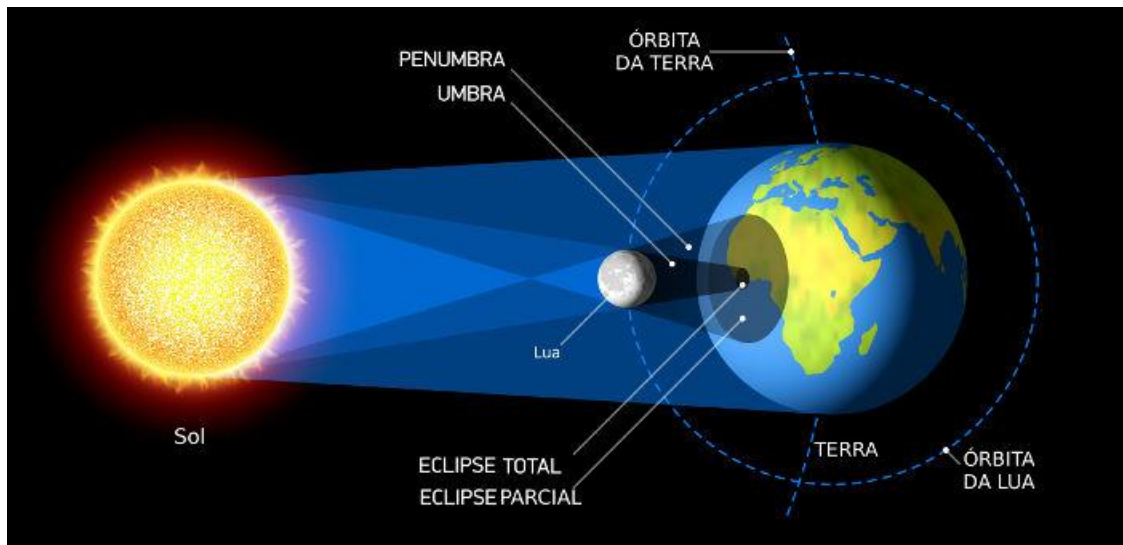
Em um primeiro momento, observa-se que apenas 5% deste grupo de alunos do último ano do Ensino Médio perceberam que a Lua estava iluminada do lado errado. Se os alunos não perceberam que a iluminação da Lua estava oposta à posição do Sol, talvez não tenham compreendido realmente que a Lua não tem luz própria e que é na verdade iluminada pelo Sol. Sendo assim, é provável que os alunos tenham dificuldade em fazer importantes correlações entre a dinâmica envolvendo o sistema Terra, Sol e Lua, como por exemplo, as fases da Lua e os eclipses.

Ainda analisando os dados da Tabela, 54% dos alunos acreditam que não se pode ver a Lua e o Sol no céu ao mesmo tempo. Uma observação alarmante que se destaca é: como os alunos podem compreender as relações abstratas do sistema Terra-Sol-Lua se muitos nem ao menos perceberam as tantas vezes na vida quando era possível ver o Sol e a Lua ao mesmo tempo no céu?

Ao que esta pesquisa inicial parece indicar, alguns alunos sabem reproduzir propriedades dos astros, mas muitos têm dificuldade de relacionar o que dizem com o que veem diariamente. Um dos fatores que podem dificultar a criação de uma visão tridimensional correta é o fato de que os livros apresentam figuras impressas no plano bidimensional das páginas. Um agravante é que muitos livros e sites, ao fazerem tal representação, cometem erros graves visando explicar certos fenômenos que acabam ajudando a fixar outros conceitos errados. Vejamos alguns exemplos:

**Exemplo 1:** No exemplo apresentado por Brasil Escola (2023) na Figura 22, os continentes se encontram representados de maneira equivocada, dando a impressão de que a Lua passa sobre o Polo Norte e sobre o Polo Sul terrestre, o que não é verdade.

Além disso a imagem sugestiona a ocorrência de um eclipse solar e um lunar a cada revolução completa da Lua.



*Figura 22: Ilustração que representa uma trajetória bastante equivocada para a Lua. Fonte: Brasil Escola.*

**Exemplo 2:** Nesta imagem do livro *Física Clássica* (CALÇADA; SAMPAIO, 2012), na tentativa de explicar as fases da Lua, as fases nova e cheia aparentam estar em posições de eclipse, mas sem que eles estejam ocorrendo (Figura 23). Além disso, como no exemplo anterior, a órbita da Lua aparenta estar sobre um plano meridional do planeta Terra e sugestiona um eclipse solar e um lunar para cada revolução da Lua.



*Figura 23: Ilustração de livro que representa as fases da Lua ignorando o fato que as fases Cheia e Nova da Lua causariam um eclipse. Fonte: Livro Física Clássica*



Uma outra análise que corrobora com esta percepção de que os conceitos astronômicos parecem abstratos demais para os alunos do ensino médio é a do vestibular do ENEM. Vamos analisar alguns exemplos:

**Exemplo 3:** ENEM 2006 (Figura 24)

No Brasil, verifica-se que a Lua, quando está na fase cheia, nasce por volta das 18 horas e se põe por volta das 6 horas. Na fase nova, ocorre o inverso: a Lua nasce às 6 horas e se põe às 18 horas, aproximadamente. Nas fases crescente e minguante, ela nasce e se põe em horários intermediários. Sendo assim, a Lua na fase ilustrada na figura acima poderá ser observada no ponto mais alto de sua trajetória no céu por volta de



- A meia-noite.
- B três horas da madrugada.
- C nove horas da manhã.
- D meio-dia.
- E seis horas da tarde.

*Figura 24: Item do ENEM 2006. Fonte: Inep*

Para resolver este item, o aluno deve identificar a fase da Lua em questão e inferir o horário em que ela passará no ponto mais alto do céu. Para tal, é necessário compreender a posição da Lua relativa à Terra e ao Sol e associar o horário de nascer e pôr da Lua com a sua fase naquele momento. A maioria (43%) dos 2,8 milhões de alunos marcaram a opção (A) “meia-noite”, que está errada. Conforme foi visto na pesquisa anterior, muitos alunos acreditam que a Lua e o Sol não podem ser vistos ao mesmo tempo no céu, o que leva a crer, erroneamente, que ela deve nascer sempre no início da noite (18h) e se pôr pela manhã (6h). Logo, por este raciocínio a Lua estaria no ponto mais alto do céu à meia-noite.

A Lua representada na imagem está na fase quarto-crescente, nasce por volta de meio-dia e se põe por volta da meia-noite, por isso estaria no ponto mais alto do céu por volta de 18h. Apenas 20% acertaram o ítem, mostrando que a maioria dos alunos tem dificuldade em fazer essas associações.

**Exemplo 4:** Enem 2002 (Figura 25)

Para resolver este item o aluno precisa identificar a Lua cheia de acordo com a posição relativa do sistema Terra-Sol-Lua. A resposta correta é a letra (D), mas apenas

18% marcaram esta opção. Em compensação, a maioria (33%) marcou a letra (B), evidenciando a dificuldade da maioria em interpretar as fases da Lua com base num esquema representado no papel.

Um grupo de pescadores pretende passar um final de semana do mês de setembro, embarcado, pescando em um rio. Uma das exigências do grupo é que, no final de semana a ser escolhido, as noites estejam iluminadas pela lua o maior tempo possível.

A figura representa as fases da lua no período proposto.



Considerando-se as características de cada uma das fases da lua e o comportamento desta no período delimitado, pode-se afirmar que, dentre os fins de semana, o que melhor atenderia às exigências dos pescadores corresponde aos dias

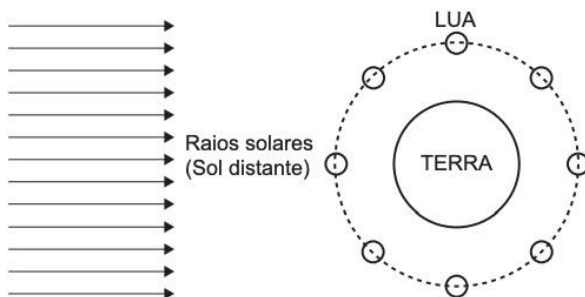
- (A) 08 e 09 de setembro.
- (B) 15 e 16 de setembro.
- (C) 22 e 23 de setembro.
- (D) 29 e 30 de setembro.
- (E) 06 e 07 de outubro.

**Figura 25:** Item do ENEM 2002 Fonte: Inep

**Exemplo 05:** ENEM PPL de 2019 (Figura 26)

A figura mostra, de forma esquemática, uma representação comum em diversos livros e textos sobre eclipses. Apenas analisando essa figura, um estudante pode concluir que os eclipses podem ocorrer duas vezes a cada volta completa da Lua em torno da Terra. Apesar de a figura levar a essa percepção, algumas informações adicionais são necessárias para se concluir que nem o eclipse solar, nem o lunar ocorrem com tal periodicidade.

A periodicidade dos eclipses ser diferente da possível percepção do estudante ocorre em razão de



- (A) eclipses noturnos serem imperceptíveis da Terra.
- (B) planos das órbitas da Terra e da Lua serem diferentes.
- (C) distância entre a Terra e a Lua variar ao longo da órbita.
- (D) eclipses serem visíveis apenas em parte da superfície da Terra.
- (E) o Sol ser uma fonte de luz extensa comparado ao tamanho da Lua.

**Figura 26:** Item do ENEM PPL de 2019. Fonte: Inep

O item do ENEM PPL de 2019 apresentado na Figura 26 é de grande interesse para este trabalho, pois apresenta uma situação semelhante à que se encontram muitos alunos em sala de aula. Apesar do fato de as estatísticas de marcação de respostas dos alunos não terem sido encontrada para a produção deste trabalho ele levanta a questão de que muitos livros didáticos, ao tratarem dos eclipses, apresentam figuras que levam a interpretações erradas. Curiosamente é fornecida ao aluno justamente uma imagem como a destes livros, exigindo que ele tenha uma interpretação correta de um fenômeno tão complexo e mau representado pela figura. Contudo o aluno do Ensino Médio precisaria ter desenvolvido uma visão espacial abstrata do sistema Terra-Sol-Lua para concluir com êxito esse item da prova de Ciências da Natureza do Enem.

Este exemplo fortalece a necessidade de ir além de uma mera apresentação de imagens bidimensionais para permitir uma compreensão aprimorada de muitos fenômenos astronômicos. Seria interessante uma experiência mais imersiva que permitisse uma visão privilegiada do sistema Terra-Sol-Lua.

## **2.7 Proposta de construção de um modelo físico**

Conforme afirma Krinner (2003), criar uma associação entre o que está nos livros e o que se observa no céu é uma tarefa árdua para os professores ensinarem e ainda mais difícil para os alunos aprenderem.

Para facilitar a compreensão geométrica do sistema Terra-Sol-Lua, Adams (2000) sugere a construção de modelos físicos para permitir que o aluno vivencie esta experiência sob vários referenciais e possa confrontar com aquilo que vê no seu dia a dia quando olha para o céu. Dois exemplos que ilustram a situação descrita são as fases da Lua e os eclipses.

As fases lunares são tradicionalmente difíceis para muitos estudantes entenderem. Com base em estudos com 76 alunos de ensino fundamental, Callison e Wright (1993) relataram que os alunos que usam modelos físicos para explicar o sistema Terra-Sol-Lua tiveram mudanças significativas de pré-teste para pós-teste. No entanto, alunos que foram ensinados a usar apenas modelos mentais não mostraram melhorias significativas. (ADAMS et al., 2000)

Mesmo sabendo que os modelos físicos favorecem a compreensão na área da Astronomia e constatando que há muitos materiais relacionados à venda, principalmente na internet, entende-se que os modelos existentes apresentam falhas que dificultam a compreensão do que acontece realmente. Para representar eclipses e justificar a real frequência com que ocorrem, é necessário tomar cuidado com relação, principalmente, à órbita da Lua e sua inclinação. Geralmente, é neste ponto que os modelos atuais falham: por usarem estruturas conectadas por engrenagens e com uma fonte de movimento única, os modelos tendem a posicionar todas as órbitas sob planos paralelos, o que produz eclipse a cada revolução da Lua em torno da Terra. Torna-se interessante de um ponto de vista didático o desenvolvimento de um modelo físico mais preciso que sirva como ferramenta para o ensino das fases da Lua e dos eclipses. A partir dele os alunos poderão de forma autônoma visualizar os fenômenos sob vários pontos de vista diferentes ao se deslocarem pela sala.

## Capítulo 3

### Desenvolvimento do Modelo e Metodologia de Ensino

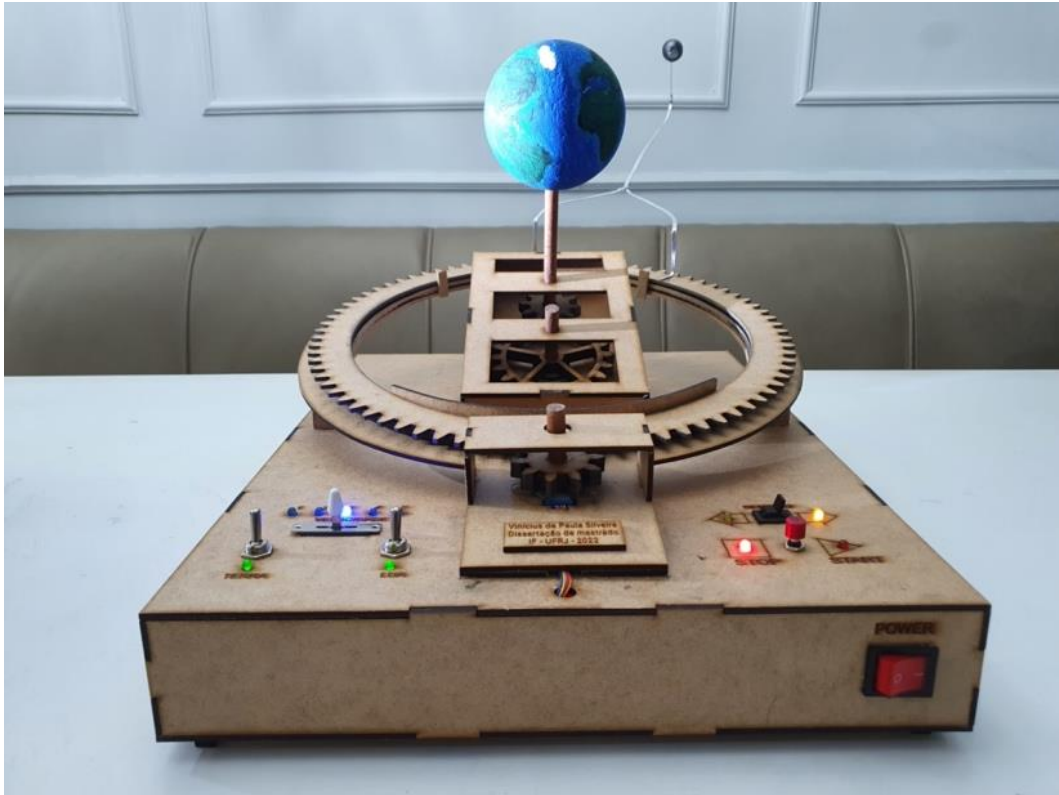
Este capítulo aborda o desenvolvimento e a metodologia de ensino por meio de um modelo robótico interativo para o ensino de astronomia. Enfrentando o desafio de tornar conceitos astronômicos compreensíveis, a proposta utiliza a tecnologia Arduino para criar uma ferramenta educacional que facilita a visualização e a interação com os movimentos do sistema Terra-Sol-Lua. A iniciativa visa enriquecer a experiência de aprendizado, proporcionando uma abordagem prática que transcende a teoria tradicional.

#### 3.1 Apresentação do modelo

O modelo desenvolvido neste trabalho (Figuras 27, 28 e 29) é feito de MDF, madeira, uma placa Arduino, bolas de isopor, arame e uma série de componentes de eletrônica como fios, botões, LEDs e motores de passo. Para o corte do MDF, foi utilizada uma máquina de corte a laser. No APÊNDICE A encontra-se todo o material instrucional de apoio para a montagem e utilização de todo o projeto.



*Figura 28: Visão da lateral direita do modelo finalizado. Fonte: Elaborado pelo autor*



*Figura 28: Visão frontal do modelo finalizado. Fonte: Elaborado pelo autor*



*Figura 29: Visão da lateral esquerda do modelo finalizado. O modelo da Lua aparenta estar maior, mas isso se deve a maior proximidade dela com a câmera que fotografou a cena. Fonte: Elaborado pelo autor.*

O modelo se propõe a representar a rotação do planeta Terra e a revolução síncrona da Lua na presença do Sol. Isso permite dar suporte didático a muitas situações como por exemplo nos eclipses, fases da lua e estações do ano, permitindo que os alunos possam se movimentar de maneira autônoma buscando vários pontos de vista de cada um dos fenômenos.

Contudo o modelo se destaca por alguns diferenciais que o tornam único e inovador:

- Os modelos da Terra e da Lua podem ser movimentados separadamente.
- Apresenta 5 velocidades diferentes.
- Permite simular revoluções completas da Lua sem a ocorrência de eclipses.
- Pode se mover no sentido reverso.
- Possui um botão *Start/Stop* para pausas importantes durante as explicações sem precisar deligar o equipamento.

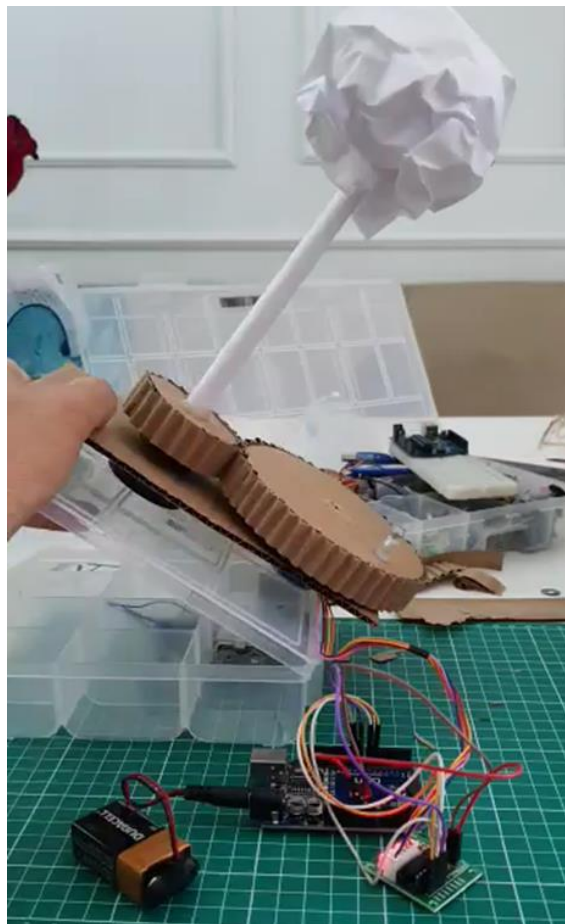
O desenvolvimento deste modelo robótico apresentou uma série de grandes desafios que passaram pela idealização de uma estrutura, fabricação das peças, construção e encaixe dos componentes, idealização e execução das conexões eletrônicas, escrita de toda a programação envolvida, ajustes de ângulos e medidas para a simulação dos fenômenos além de todos os imprevistos encontrados no processo. Devido à grande dificuldade de transformar esta ideia em algo funcional optou-se por iniciar o design do projeto por meio de protótipos de papel e papelão.

### **3.2 Prototipação.**

Para a montagem da estrutura que sustenta e gira o modelo do planeta Terra, foi criado um sistema de duas engrenagens de papelão representado na Figura 30. Ao transmitir de maneira coplanar o movimento de uma engrenagem de maior raio para outra de menor raio, seria possível girar a Terra (Figura 31) com uma velocidade angular maior, visto que o motor de passo utilizado é relativamente lento.

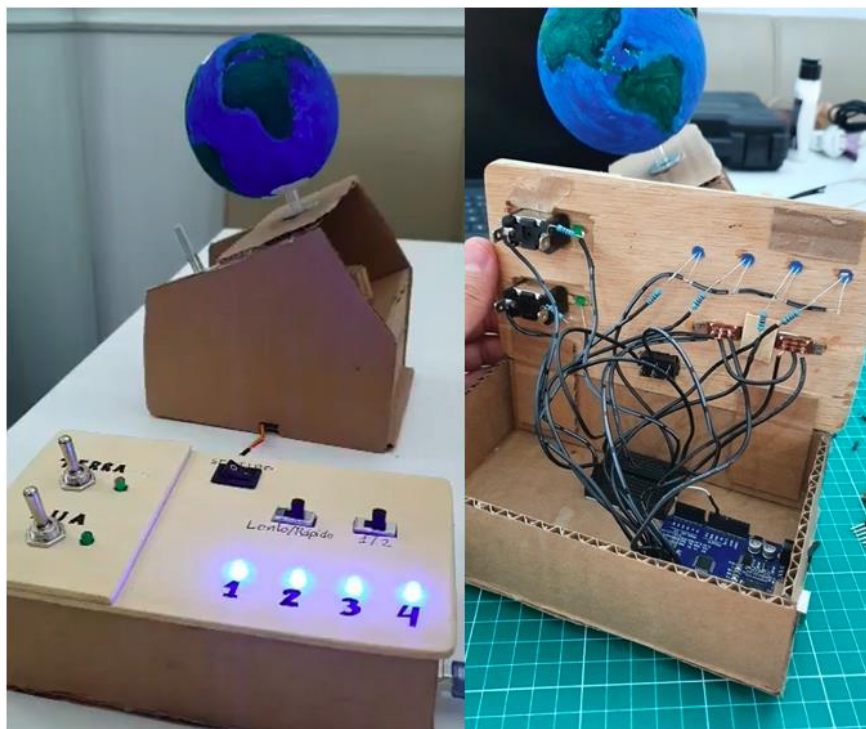


*Figura 30: Engrenagens de papelão para os primeiros testes. Fonte: Elaborado pelo autor*



*Figura 31: Protótipo da estrutura que gira a Terra em torno do próprio eixo por meio de duas engrenagens associadas de maneira coplanar. Fonte: Elaborado pelo autor*





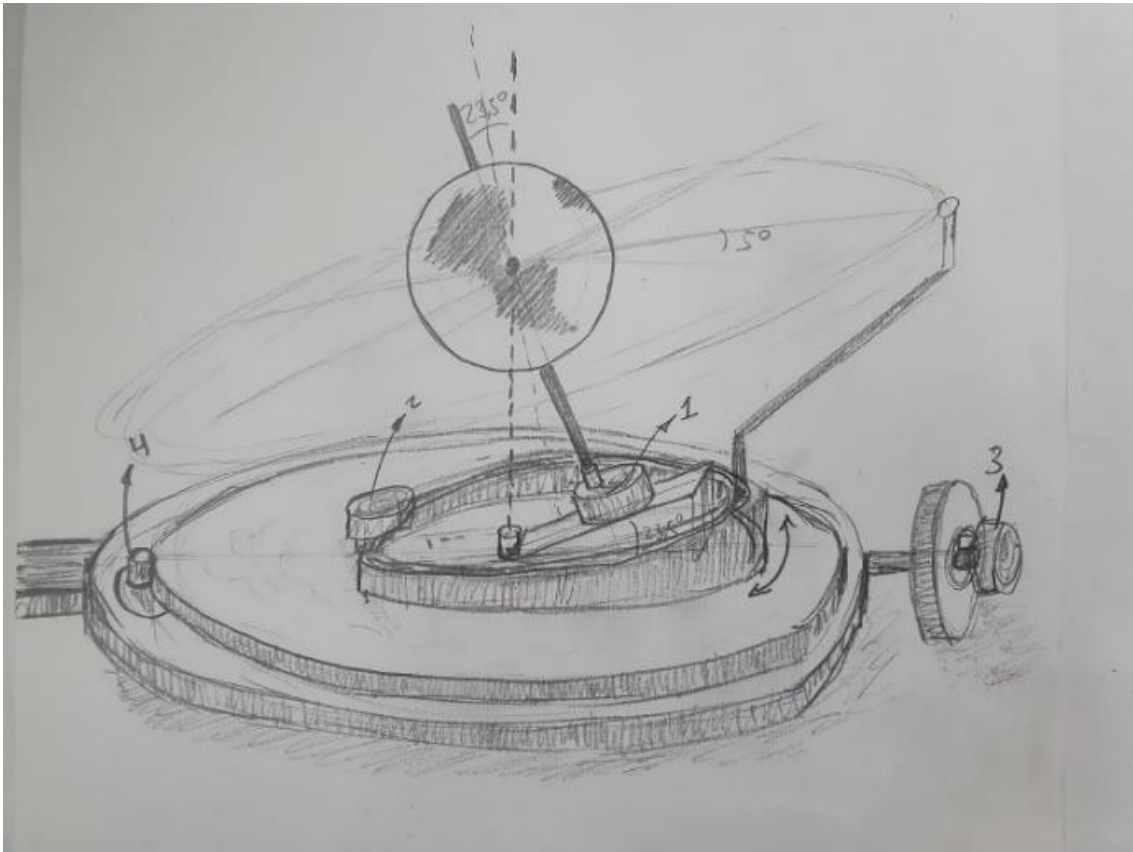
*Figura 32: Protótipo de papelão e madeira. Fonte: elaborado pelo autor.*

Para produzir a rotação da Terra com velocidades diferentes, foi criado um protótipo de papelão e madeira controlado por uma placa Arduino Uno e componentes básicos de eletrônica, representado na Figura 32. Assim a combinação de duas alavancas de dois estágios produzia 4 funções com velocidades de rotação diferentes que acionavam LEDs indicadores numerados de 1 a 4. Além disso, foi instalado um botão de seleção do sentido do movimento. Tudo funcionou bem, porém as imperfeições do papelão faziam as engrenagens travarem com bastante frequência e a combinação de alavancas para a seleção da velocidade não era muito intuitiva.

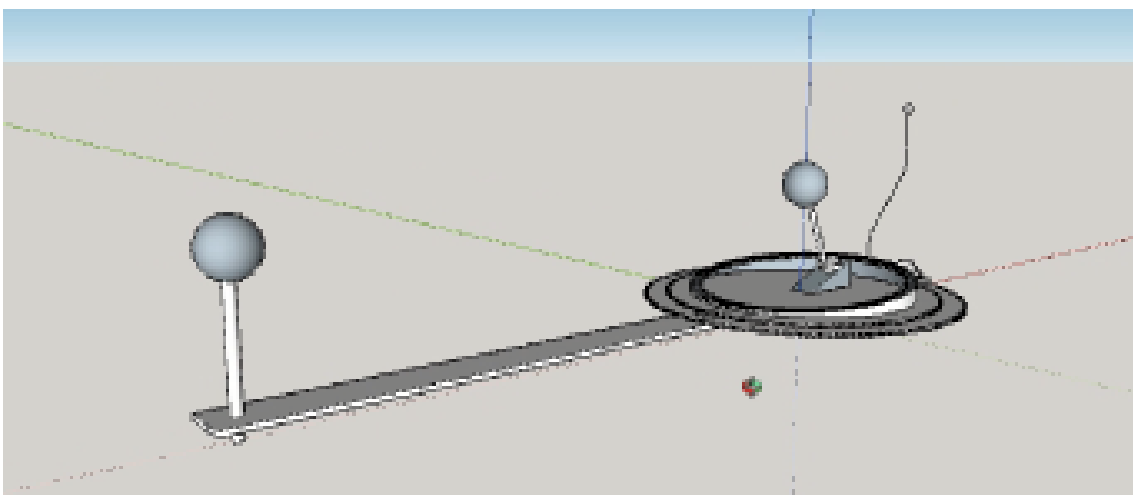
A partir daí foi idealizado um modelo com 4 motores, conforme a Figura 33. O motor 1 seria responsável pela rotação da Terra em torno do próprio eixo, o motor 2 pela revolução da Lua, o motor 3 pela translação de toda a estrutura em torno de uma fonte de luz que simula o Sol e o motor 4 seria encarregado de evitar o movimento de precessão terrestre. Para que a ideia se tornasse um pouco mais concreta foi feito um protótipo em 3D no Software SketchUp (Figura 34).

Para simular o movimento da Lua, foi idealizada uma estrutura onde uma grande engrenagem inclinada serviria de suporte para um arame de sustentação para a Lua. Para testar a viabilidade do projeto, foi construído um protótipo usando duas placas Arduino

Uno sem ainda haver nenhuma relação entre a velocidade angular de rotação da Terra com a de revolução da Lua (Figura 35).



**Figura 33:** Esboço de um modelo com 4 motores de passo Fonte: Elaborado pelo autor



**Figura 34:** Versão do esboço feita no software SketchUp. Fonte: Elaborado pelo autor



*Figura 35: Protótipo de papelão que simula a rotação da Terra e a Revolução da Lua. Fonte: Elaborado pelo autor*

Como era de se esperar, a estrutura de papelão que movimentava a Lua também travou muitas vezes, o que levou à conclusão de que o material deveria ser mais liso do que o papelão e os dentes das engrenagens deveriam ser mais precisos. Por isso, optou-se pela estrutura de MDF cortada a laser. A construção dos protótipos também foi crucial para levar à desistência do modelo de 4 motores e focar todo o trabalho em apenas 2, ou seja, manter apenas a rotação da Terra e a revolução da Lua. Para representar as diferentes posições da Terra e da Lua com relação ao Sol basta movimentar a lanterna que representa o Sol manualmente para outro local da sala. Houve uma tentativa de definir o tamanho das engrenagens com objetivo teórico de manter um sincronismo entre o número de rotações da Terra a cada revolução da Lua, contudo o processo teve uma solução via software por meio da programação dos motores de passo. Combinando por tentativa e erro o número de passos dados por cada motor foi possível produzir uma revolução da Lua a cada 27,3 rotações terrestres (período sideral) em todas as 5 velocidades apresentadas.

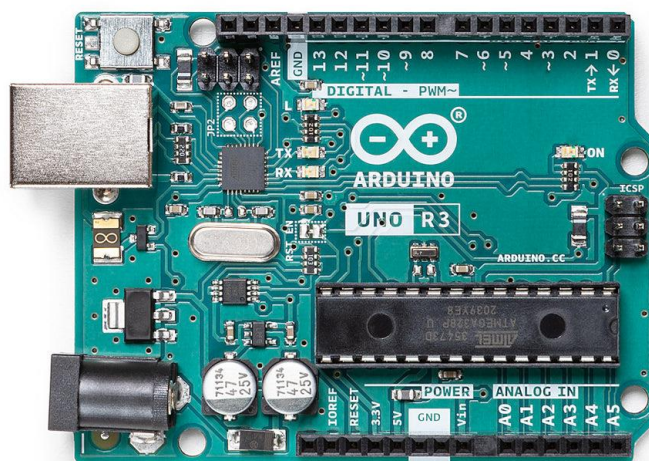
### 3.3 Fabricação

A fabricação das peças mostrou-se desafiadora. Foram necessários muitos esboços prévios, protótipos de papelão, além de muita tentativa e erro no momento de fazer os cortes a laser e produzir os encaixes. Ao fim do processo, foram criados 6 desenhos de corte para chapas de MDF com as medidas 60 cm x 40 cm que podem ser baixadas no arquivo do APÊNDICE A. Elas foram fabricadas numa máquina de corte a laser em chapas com 3 mm de espessura. Apesar de ser liso, o MDF acabou apresentando atrito o bastante para que os motores travassem muitas vezes, porém a aplicação de grafite em pó nas partes deslizantes permitiu o bom funcionamento dos mecanismos, evitando travamentos. Foi utilizada cola branca escolar para prender as partes fixas de MDF e por vezes eram usadas algumas gotas de cola instantânea para acelerar a fixação. Toda a parte eletrônica do trabalho foi fabricada utilizando componentes de fácil obtenção por meio de sites de compras online e controlados por uma placa Arduino Mega e foram afixados em sua maioria com o uso de uma pistola de cola quente pois permite que o equipamento seja descolado e reutilizado futuramente se houver essa intenção. A lista completa de materiais, ferramentas e componentes eletrônicos encontra-se no material instrucional do APÊNDICE A.

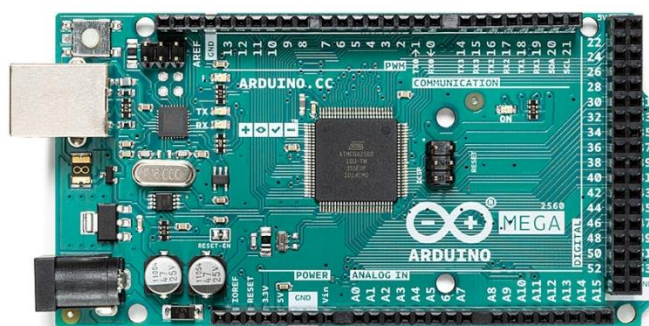
### 3.4 Arduino

O Arduino é uma plataforma que permite a criação de protótipos ligados à eletrônica e programação. Favorece a testagem e criação de modelos robóticos com grande flexibilidade e relativa facilidade de operação. Há vários modelos de placas compatíveis com a plataforma, dentre elas a popular Arduino Uno (Figura 36) e outras como as versões Mega (Figura 37) , Mini, Nano e Leonardo. Toda a programação pode ser feita por meio de um *software* aberto e gratuito denominado IDE, obtido diretamente do site oficial [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Ele utiliza uma linguagem de programação baseada em C/C++ e dá ao usuário a possibilidade de criar seu próprio programa, conhecido como *sketch*, e 35dentif-lo diretamente para a placa. As placas utilizadas possuem pinos de entrada e saída e um microcontrolador capaz de receber e enviar comandos que podem controlar motores e leds acionados por botões ou por vários tipos possíveis de

sensores. Boa parte de toda a programação e montagem dos equipamentos deste trabalho foi produzida com base no livro “Arduino Básico” (McRoberts 2015).



*Figura 36: Placa Arduino UNO R3. Fonte: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)*



*Figura 37: Arduino Mega 2560 Em3. Fonte: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)*

O Arduino tem uma relação muito forte com a educação visto que viabiliza e facilita o acesso de professores e alunos a um ambiente de programação e prototipagem eletrônica permitindo o ensino de robótica e programação além do desenvolvimento de kits didáticos para o ensino de praticamente qualquer disciplina, mas com um apelo maior para as disciplinas de ciências da Natureza, em especial, a física.

Na tentativa de desenvolver um modelo robótico educacional que simule os movimentos do sistema Terra-Sol-Lua, a escolha da plataforma Arduino é bem natural. Os principais motivos são:

- Customização: o projeto idealizado se propõe a criar um modelo personalizado que atende a demandas muito específicas. Havendo acesso a uma placa Arduino,

componentes eletrônicos diversos e uma máquina de corte a laser aliados à criatividade e dedicação é possível prototipar quase qualquer coisa.

- **Custo-benefício:** Apesar do projeto ter um custo total aparentemente alto (da ordem de R\$ 400,00), na comparação com outras possibilidades os gastos poderiam ser muito maiores.

- **Acesso à informação:** Como a plataforma Arduino é muito difundida no mundo, é possível encontrar muito conteúdo relevante em livros e na internet para que qualquer professor ou aluno possa aprender até mesmo sozinho.

### **3.5 Router CNC a laser.**

Tem se tornado cada vez mais comum a utilização de máquinas de alta precisão de corte, seja por fresa ou laser, para a construção de peças industriais e para ambientes criativos voltados para o desenvolvimento de novos projetos e trabalhos escolares. O termo *Router* CNC se refere a uma máquina controlada por um computador. Com a popularização dos chamados “Espaços Maker” e o interesse em desenvolver uma “Cultura Maker”, ou seja, uma cultura de “mão na massa”, o acesso à essas máquinas têm sido cada vez mais facilitado. É possível identificar-las em escolas, em espaços como os chamados FabLabs e também tem crescido o serviço onde qualquer pessoa pode enviar digitalmente um desenho de corte e receber as suas peças cortadas em casa. A matéria prima mais utilizada é a chapa de MDF que pode ter espessuras variadas dependendo da capacidade da máquina de corte. É possível criar estruturas altamente complexas e detalhadas, permitindo um ótimo encaixe para criar objetos e utensílios em geral. Com um olhar mais direcionado à educação abre-se uma infinidade de possibilidades.

#### *3.5.1 Modelo utilizado*

A máquina CNC utilizada no desenvolvimento deste trabalho pertence ao Colégio AZ que cedeu a utilização do seu Espaço Maker para a produção deste projeto. Seu modelo é o VS6040 VISUTEC da marca Multivisi (Figura 38) capaz de produzir corte e gravação em MDF. Ela pode cortar MDF de 400 mm por 600 mm numa espessura de até 9 mm. Para este trabalho foi escolhido o MDF com 3 mm de espessura que exige no máximo 45% da potência de corte total da máquina a laser.



*Figura 38: Router Laser CNC VS6040 corte e gravação completa 60X40cm de 80W com eixo rotativo*

Para a criação das figuras de corte e operação da CNC, foi necessário utilizar uma versão paga do Software Corel Draw e um plug-in chamado Corel Laser, cedido pela VISUTEC, capaz de coordenar as instruções de corte e gravação. Especificamente para o desenho preciso das engrenagens fabricadas para esse projeto foi utilizado um Software gratuito chamado Inkscape. As instruções detalhadas de utilização da máquina de corte se encontram no material do APÊNDICE A. Com o material disponibilizado neste trabalho os professores interessados passam a ter em mãos toda a instrução necessária para produzir os cortes ou enviar os arquivos das imagens para uma empresa especializada. A totalidade dos cortes pode ser feita em torno de 30 minutos.

A máquina CNC pode operar na modalidade de **corte** ou de **gravação** e realizar uma leitura de imagem **vetorial** ou **raster**. Uma imagem vetorial é formada por linhas e curvas definidas por equações matemáticas, já a imagem raster é uma matriz que define a posição de cada pixel da figura. Contudo é possível definir três operações distintas:

- Corte: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial com potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.

- Marcação: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.
- Gravação: A máquina opera na função de gravação e o laser percorre linha por linha definida por uma imagem raster sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.

No processo de corte foi utilizada uma velocidade de 9 mm/s com uma potência de 45%. Já no processo de marcação foi utilizada a velocidade de 35 mm/s e uma potência de 12%. O processo de gravação não foi utilizado neste trabalho.

### 3.5.2 *Parâmetros*

Por mais que a intenção seja criar uma simulação próxima da realidade, alguns parâmetros podem ser praticados, mas outros não. O modelo visa reproduzir a inclinação do eixo terrestre com relação ao eixo longitudinal da Eclíptica de maneira que os principais efeitos dessa inclinação possam ser observados, além do ângulo inclinação do plano de órbita da Lua com relação ao plano na Eclíptica que permita a reprodução dos eclipses quando o Sol estiver sobre a Linha dos Nodos e as revoluções da Lua sem a ocorrência de eclipses quando o Sol não estiver sobre a Linha dos Nodos. Outro parâmetro que o modelo se propõe a simular é a proporção dos diâmetros da Terra e da Lua que se apresenta relativamente próxima da realidade.

Dentre os parâmetros que não se pretende simular de maneira fiel à realidade, um deles é a distância entre a Terra e a Lua. Como foi visto no tópico 2.3 essa distância é muito grande e ficaria muito difícil de ser reproduzida. O arame ficaria demasiadamente longo e seria muito difícil conseguir um espaço tão grande dentro de sala de aula. Além disso, sabe-se que a órbita da Lua em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua é elíptica, mas este trabalho se propõe a apresentar uma órbita circular da Lua em torno da Terra visto que a excentricidade da elipse formada pela órbita lunar é pequena.

Há inúmeros parâmetros complexos associados aos movimentos da Terra, do Sol e da Lua, mas entende-se que para o objetivo de ensinar as fases da Lua e os eclipses não será necessário ser fiel a todos eles. Contudo, torna-se fundamental na utilização deste modelo robótico apresentar aos alunos suas limitações.



### 3.6 Aplicação do material para os alunos

O produto desenvolvido neste trabalho foi apresentado em um total de 7 turmas, incluindo Ensino Fundamental e Médio, de duas escolas listadas no Quadro 2:

*Quadro 2: Relação das turmas onde o trabalho foi aplicado e a duração das aulas*

Turma	Série/ano	Segmento	Escola	Duração	Quantidade de alunos
9 <sup>a</sup>	9 <sup>o</sup> ano	Ensino Fundamental	Notre Dame	2 tempos de 50 min	27
Exatas	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> séries	Ensino Médio	Notre Dame	2 tempos de 50 min	24
2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> série	Ensino Médio	Escola Nova	2 tempos de 45 min	21
2B	2 <sup>a</sup> série	Ensino Médio	Escola Nova	2 tempos de 45 min	17
3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> série	Ensino Médio	Escola Nova	2 tempos de 45 min	17
3B	3 <sup>a</sup> série	Ensino Médio	Escola Nova	2 tempos de 45 min	12
3IB	3 <sup>a</sup> série IB	Ensino Médio	Escola Nova	2 tempos de 45 min	7

O colégio Notre Dame localiza-se no Recreio dos Bandeirantes/Jacarepaguá e a Escola Nova na Gávea, ambas no Rio de Janeiro/RJ. As turmas intituladas 9<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 2B, 3<sup>a</sup> e 3B se referem respectivamente a uma turma de 9<sup>o</sup> ano, duas turmas de 2<sup>a</sup> série do Ensino Médio e duas turmas de 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio. A turma denominada “Exatas” é composta por alunos de todo o Ensino Médio do Colégio Notre Dame que optaram por cursar disciplinas específicas da chamada “Trilha de Exatas” como Astronomia, Modelagem 3D, Laboratórios de física, estatística entre outras. A turma denominada “3IB” é composta por alunos da 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio que optaram por um programa intitulado “Bacharelado Internacional” onde recebem uma formação tradicional do currículo brasileiro além de uma complementação bilingue que os qualifica a concorrer a vagas em universidades do fora do Brasil.

### 3.6.1 Pré-teste

Antes de iniciar a aula, foi passado um questionário para se levantar uma ideia do conhecimento prévio dos alunos (Figura 39). Ele se encontra apresentado no apêndice A.



**Figura 39:** Alunos trilha de exatas do Ensino Médio do Colégio Notre Dame Recreio respondendo ao pré-teste. Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira pergunta (Figura 40) avalia se os alunos conseguem dar nomes para as fases da Lua. O enunciado cita que as fases estão em ordem cronológica. Assim, partindo de alguma fase conhecida o aluno, poderia ser capaz de inferir as outras fases usando a lógica e não necessariamente tendo decorado cada uma. Por exemplo, se o aluno sabe que identificar a Lua Nova (1) a próxima precisa ser a Crescente, já que a região iluminada visível da Lua segue uma lógica de crescimento até ficar “cheia”. Ou quem sabe partindo da Lua Cheia, imagine que a próxima deve ter uma região iluminada visível menor, decrescente, ou seja, Minguante. Além disso, é dito no enunciado que o observador se encontra no Brasil, pode ser que o aluno tenha decorado que a Lua crescente vista do hemisfério Sul se assemelha com a letra “C” e a Minguante (“Decrescente”) assemelha-se com um D. De qualquer maneira, deveria ser uma pergunta simples para quem realmente aprendeu o mínimo de uma aula sobre as fases da Lua que é saber 41dentifica-las.

01. As fases da Lua estão representadas nas imagens em ordem cronológica e da maneira como são vistas no céu brasileiro.



(1)



(2)



(3)



(4)

Complete as lacunas com a numeração correspondente a cada fase:

- Cheia: \_\_\_\_

- Nova: \_\_\_\_

- Quarto crescente: \_\_\_\_

- Quarto minguante: \_\_\_\_

*Figura 40: 1ª pergunta do questionário*

A segunda pergunta (Figura 41) questiona qual fase da Lua será vista no Brasil no mesmo dia em que ela está em fase Cheia no Japão. Aqui tentamos avaliar a percepção de que a fase da Lua é a mesma para todos os observadores da Terra. Em 24h tanto os habitantes do Brasil quanto os do Japão presenciarão a Lua na mesma fase só que em momentos distintos.

02. Qual fase da Lua é vista no Brasil no dia em que ela é vista em fase cheia no Japão?

\_\_\_\_\_

*Figura 41: 2ª pergunta do questionário*

A terceira pergunta (Figura 42) é muito interessante porque, conforme indicou a pesquisa citada no capítulo 2, muitos alunos parecem não perceber que as fases da Lua são consequência da posição da Lua em relação ao Sol, que por sua vez implica no horário em que a Lua será vista no céu. Talvez mais preocupante que isso seria a percepção que muitos alunos passaram a vida inteira sem notar todas as muitas vezes em que a Lua estava visível durante o dia.

03. Em algum momento é possível ver a Lua no céu ao meio-dia?  
( ) Sim  
( ) Não

*Figura 42: 3ª pergunta do questionário*

A quarta e a quinta perguntas (Figura 43) visam avaliar se os alunos conseguem correlacionar o fenômeno dos eclipses com as fases da Lua.

04. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse do Sol?  
a) Cheia  
b) Nova  
c) Quarto minguante  
d) Quarto crescente  
e) Qualquer fase
05. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse da Lua?  
a) Cheia  
b) Nova  
c) Quarto minguante  
d) Quarto crescente  
e) Qualquer fase

*Figura 43: 4ª e 5ª pergunta do questionário*

A sexta pergunta (Figura 44) visa avaliar se os alunos conseguem perceber o motivo pelo qual em algumas revoluções da Lua, os eclipses ocorrem e em outras não. É esperado que os alunos não saibam responder a essa pergunta porque a inclinação da órbita da Lua em relação ao plano da eclíptica costuma ser ignorada em aulas e nos próprios livros. Um dos objetivos do trabalho é justamente ajudar os alunos a saberem responder a essa pergunta.

06. Já que a Lua completa aproximadamente uma revolução ao redor da Terra a cada 1 mês, por que não observamos eclipses em todos os meses?

---

---

---

*Figura 44: 6ª pergunta do questionário*

### 3.6.2 Apresentação da aula

A aula tem o objetivo de apresentar o conteúdo de fases da Lua e os eclipses. O plano de aula completo, slides utilizados e os questionários utilizados encontram-se no APÊNDICE A.



**Figura 45:** Alunos do 9º ano do Ensino Fundamental do Colégio Notre Dame Recreio observando o modelo. Fonte: Elaborado pelo autor

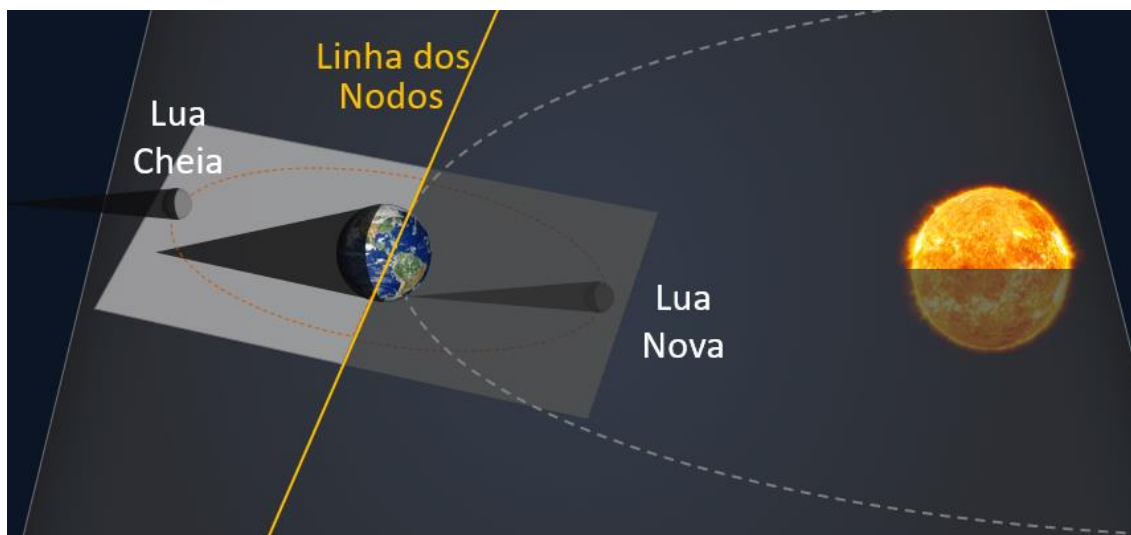
Utilizando os slides do material instrucional, inicia-se a aula apresentando uma foto da Lua Nova e observando o modelo robótico (Figura 45) que se move lentamente na velocidade 1. Observando a movimentação de um pequeno alfinete fixado em um ponto do modelo de isopor do planeta Terra e faz-se uma discussão sobre o horário provável do nascer e do pôr da Lua nesta fase, que é 6 h e 18 h, respectivamente. É discutido também o motivo pelo qual essa fase se torna tão difícil de ser visualizada já que a Lua tem seu lado escuro virado para o observador terrestre que se encontra no período diurno da Terra.

Com o passar do tempo, observa-se, a partir do modelo robótico, que uma pequena parte iluminada da Lua começa a se revelar para um observador na Terra. Os alunos podem constatar isso se aproximando do modelo da Terra e olhando para o modelo da Lua. Neste momento, questiona-se qual lado da Lua se encontra iluminado, dependendo se o observador se encontra no hemisfério Norte ou Sul. É interessante posicionar um pequeno boneco sobre o que seria o Brasil e o que seria os Estados Unidos para apresentar

a ideia de “inversão” da região iluminada com relação ao hemisfério de observação. Neste momento, o slide apresenta as duas visões antagônicas onde o observador do Brasil vê o lado esquerdo iluminado enquanto o observador dos Estados Unidos vê o lado direito. Isso é feito com todas as fases da Lua subsequentes, apresentando as fotografias no slide e comparando com o que se vê a partir do modelo robótico.

Em seguida são apresentados nos slides as fotografias do lado próximo e o lado distante da Lua. Com o modelo ligado com uma velocidade maior pode-se observar o movimento síncrono da Lua que mantém a face próxima voltada sempre para a Terra. Pode ser interessante mostrar que na fase Nova a Lua tem seu lado distante iluminado, contradizendo o termo equivocado “lado escuro da Lua”.

Após essas observações, volta-se a atenção para a inclinação da órbita da Lua e como os eclipses são impossibilitados nesta posição já que as fases Nova e a Cheia ocorrem com a Lua “muito alta” ou “muito baixa” como indica a Figura 46. Os slides apresentam esse conceito bem como a temporada de eclipses que ocorre quando o Sol se encontra sobre a Linha dos Nodos.



**Figura 46:** Quando o Sol não se encontra sobre a Linha dos Nodos as fases Cheia e Nova da Lua não produzem eclipses. As penumbras não foram representadas. Fonte: Elaborado pelo autor

A partir daí apresenta-se os slides que definem os eclipses do Sol e da Lua e observa-se os eclipses (Figura 47) a partir do modelo robótico em velocidade 1 quando estiverem próximos de acontecer e em velocidade 5 quando a Lua percorre sua órbita até a posição próxima do eclipse seguinte.



**Figura 47:** Alunos do 9º ano do Ensino Fundamental do Colégio Notre Dame Recreio observando a simulação do eclipse do Sol. Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.6.3 Pós teste

Após toda a apresentação da aula, é passado um novo teste, que contém as mesmas perguntas. Espera-se que os próprios alunos percebam alguns de seus próprios erros e possam assim melhorar seu desempenho nos testes. Neste teste, há a 7ª pergunta (Figura 48), que não havia no 1º teste, mas que avalia a impressão dos alunos sobre a relevância desta aula com o uso do modelo robótico para a compreensão dos fenômenos apresentados.

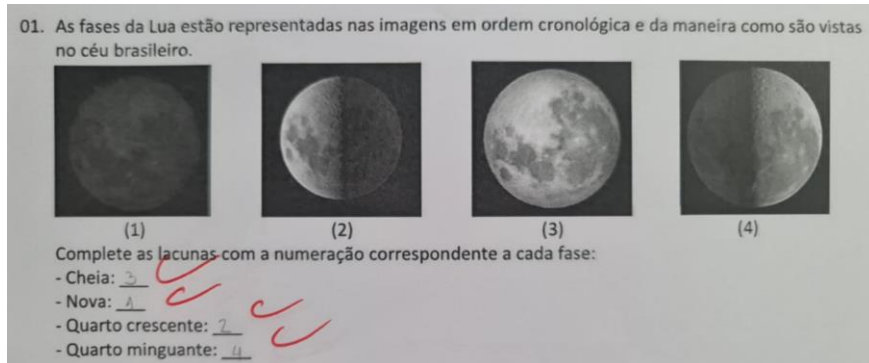
07. Numa escala de 0 a 10, o quanto você achou relevante a utilização da maquete na compreensão dos fenômenos apresentados?
(0)   (1)   (2)   (3)   (4)   (5)   (6)   (7)   (8)   (9)   (10)

**Figura 48:** 7ª pergunta do segundo questionário

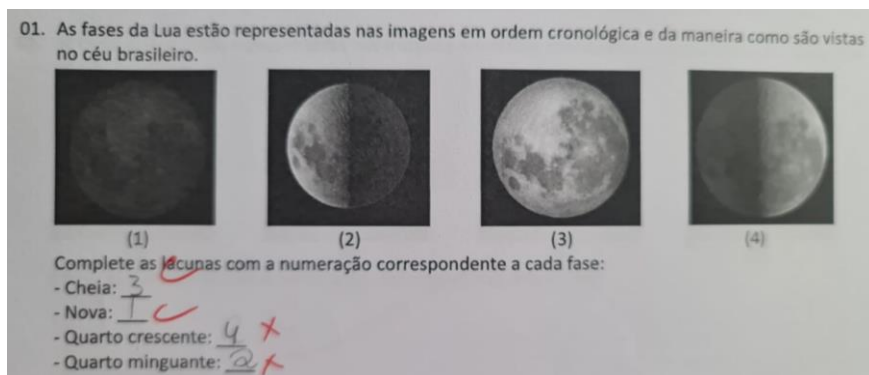
### 3.6.4 Análise das respostas

Nas perguntas de 1 a 5 foi dada nota 1 (um) para um acerto completo e nota 0 (zero) para quando houve algum erro (Figuras 49 e 50) . Na questão discursiva de número 6 foi dada nota 1 (um) para quem deu uma resposta que minimamente justifique

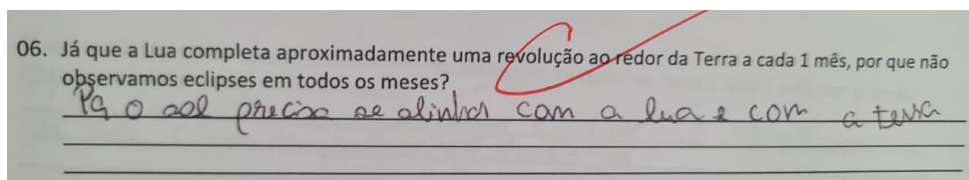
a não ocorrência de eclipses em alguns meses e a nota 0 (zero) para respostas que não tinham relação com a explicação correta (Figuras 51, 52 e 53). Na questão 7 foi registrado valor igual ao que foi marcada por cada aluno, podendo variar de 0 a 10.



**Figura 49:** Exemplo de resposta correta da questão número 1. Nesta questão foi respondido: 3, 1, 2 e 4.

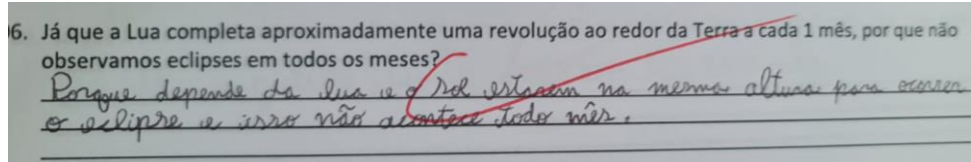


**Figura 50:** Exemplo de resposta da questão número 1 contendo erro. Nesta questão foi respondido: 3, 1, 4 e 2.

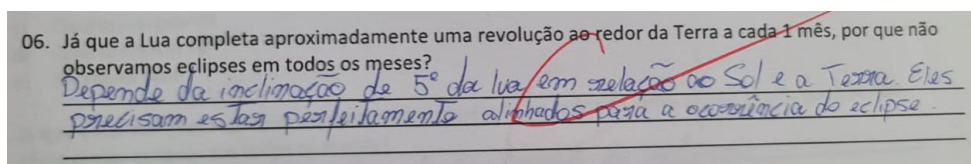


**Figura 51:** Exemplo de resposta da questão 6 considerada correta apesar de não dar muitos detalhes. Nesta questão foi respondido: “Porque o Sol precisa se alinhar com a Lua e com a Terra”





**Figura 52:** Exemplo de resposta da questão 6 considerada correta apesar de não usar termos técnicos. Nesta questão foi respondido: “Porque depende da Lua e o Sol estarem na mesma altura para ocorrer o eclipse e isso não acontece todo mês”



**Figura 53:** Exemplo de resposta da questão 6 considerada correta. Nesta questão foi respondido: “Depende da inclinação de 5° da Lua em relação ao Sol e a Terra. Eles precisam estar perfeitamente alinhados para a ocorrência do eclipse”

A Tabela 2 apresenta os resultados das médias aritméticas das notas dos alunos em cada turma no pré-teste. Na linha que indica “TOTAL” está representada a média aritmética de todos os alunos. De maneira semelhante a Tabela 3 apresenta os dados do pós-teste para as questões de 1 a 6 e a Tabela 4 para a questão 7.

Pré-Teste						
	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05	Questão 06
9EM_NOTRE DAME	0,67	0,04	0,70	0,26	0,44	0,19
EXATAS_NOTRE DAME	0,83	0,00	0,96	0,29	0,46	0,29
2A_ESCOLA NOVA	0,76	0,41	0,59	0,82	0,82	0,35
2B_ESCOLA NOVA	0,82	0,24	0,59	0,35	0,47	0,06
3A_ESCOLA NOVA	0,65	0,29	0,94	0,18	0,18	0,47
3B_ESCOLA NOVA	0,92	0,08	1,00	0,67	0,75	0,33
3IB_ESCOLA NOVA	1,00	0,00	0,86	0,57	0,57	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>0,77</b>	<b>0,15</b>	<b>0,78</b>	<b>0,42</b>	<b>0,51</b>	<b>0,26</b>

**Tabela 2:** resultados do pré-teste. Fonte: Aferido pelo autor

Pós-Teste						
	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05	Questão 06
9EM_NOTRE DAME	0,89	0,89	0,96	0,86	0,93	0,61
EXATAS_NOTRE DAME	0,96	0,71	0,96	0,71	0,71	0,38
2A_ESCOLA NOVA	1,00	0,94	1,00	0,78	0,78	0,94
2B_ESCOLA NOVA	1,00	0,65	0,88	0,82	0,94	0,94
3A_ESCOLA NOVA	1,00	0,73	1,00	0,80	0,87	0,87
3B_ESCOLA NOVA	1,00	0,92	1,00	0,67	0,67	1,00
3IB_ESCOLA NOVA	1,00	0,67	1,00	0,67	0,67	0,83
<b>TOTAL</b>	<b>0,97</b>	<b>0,80</b>	<b>0,97</b>	<b>0,78</b>	<b>0,82</b>	<b>0,74</b>

**Tabela 3:** resultados do pós-teste. Fonte: Aferido pelo autor

Pós-Teste	Questão 07
9A NOTRE DAME	9,96
EXATAS_NOTRE DAME	9,71
2A ESCOLA NOVA	9,89
2B ESCOLA NOVA	9,94
3A ESCOLA NOVA	9,33
3B ESCOLA NOVA	9,17
3IB_ESCOLA NOVA	9,50
MÉDIA	<b>9,72</b>

**Tabela 4:** resultados da questão 7 do pós-teste. Fonte: Aferido pelo autor

Questão 1: O pré-teste sugere que a maioria dos alunos (77%) já chegou sabendo identificar as fases da Lua. Curiosamente os piores desempenhos foram da turma 3<sup>a</sup> (65%) mesmo já tendo estudado todo o conteúdo de física do ensino médio e a 9<sup>a</sup> (67%) mesmo tendo visto esse conteúdo no ano anterior na disciplina Geografia. O pós-teste sugere que após a aula os alunos apresentam mais facilidade de identificar cada uma das fases da Lua. Houve melhora da porcentagem de acerto em todas as turmas e a média total subiu de 77% para 97%.

Questão 2: O pré-teste sugere que apenas a minoria dos alunos (15%) é capaz de perceber que a fase da Lua é a mesma para todos os observadores da Terra num mesmo dia. O pós-teste revelou um resultado de melhora surpreendente (80%).

Questão 3: O pré-teste sugere que a maioria dos alunos é capaz de afirmar que é possível ver a Lua durante o dia, ainda assim a participação na aula foi capaz de elevar a média de 78% para 97% de acertos.

Questões 4 e 5: O pré-teste sugere uma associação mediana das fases da Lua com os eclipses (42% e 51%) por parte dos alunos. Aparentemente essa associação melhorou significativamente no pós-teste (78% e 82%).

Questão 6: O pré-teste sugere um baixo entendimento por parte dos alunos sobre o fato de algumas revoluções da Lua produzirem eclipse e outras não (26%). O pós-teste sugere que a exposição ao material instrucional ajudou a compreender que a órbita inclinada da

Lua é capaz de favorecer esses eventos fazendo o nível de acertos se elevar significativamente (74%).

Questão 7: Por fim, esta pergunta visa buscar dos alunos uma ideia da percepção de valor deles com relação a aula e a utilização dos recursos propostos. A nota média de 9,72 pode sugerir que a impressão deles foi bastante boa. Este resultado é coerente com o que se observou em sala de aula a nível de percepção de interesse e participação dos alunos.

## Capítulo 4

### Considerações finais

Neste estudo, nos propusemos a tratar dos desafios do ensino de conceitos astronômicos, especialmente aqueles centrados no sistema Terra-Sol-Lua, e à busca de estratégias inovadoras que viabilizassem uma compreensão mais profunda desses fenômenos. O mergulho nas concepções dos alunos, elucidado no Capítulo 2, bem como a análise de livros do ensino médio e itens do ENEM nos sugeriu uma série de equívocos que frequentemente surgem nos alunos, revelando uma urgente necessidade de renovação nas práticas pedagógicas.

Dentre os insights mais reveladores, destaco os resultados dos testes aplicados no Capítulo 3. O pré-teste sugeriu em linhas gerais que os conteúdos de fases da Lua e eclipses não foram satisfatoriamente compreendidos nas séries anteriores por parte dos alunos. Já o pós-teste indicou que a abordagem proposta pode ser bastante promissora. A utilização do modelo robótico representou muito mais do que uma adição tecnológica ao processo educativo. Ele se mostrou um eficaz instrumento de exposição. Ao possibilitar a interação direta com os conceitos, essa ferramenta indicou ampliação da compreensão dos alunos sobre fenômenos astronômicos.

Para futuros educadores de física, o material e a metodologia apresentados neste trabalho são de grande valor. O modelo robótico, acompanhado de sua fundamentação teórica e prática, serve como um guia e recurso pedagógico, oferecendo aos professores uma forma tangível e interativa de abordar complexos conceitos astronômicos. Ao utilizar essas ferramentas, os educadores estarão não apenas transmitindo informações, mas proporcionando aos alunos experiências ricas, que dificilmente serão esquecidas com o passar do tempo.

É evidente que o ensino de astronomia vai além da simples transmissão de dados. Deve-se visar a instigação de experiências significativas de aprendizado. Nesse sentido, o modelo robótico é apresentado como um complemento aos métodos tradicionais, possibilitando uma abordagem diversificada e mais engajadora.

Todavia, reconhecemos que todo estudo tem suas limitações. Futuras investigações poderão expandir e adaptar este modelo, avaliando sua eficácia em diferentes cenários. Alimentamos uma esperança de que os professores, ao mergulharem

na produção deste material, desenvolvam habilidades que os permitam criar modelos, não somente na área de astronomia, mas de todas as áreas do conhecimento.

Em conclusão, à medida que o cenário educacional se transforma, é imperativo que as abordagens pedagógicas evoluam em consonância. Este trabalho reitera a necessidade de inovação constante no ensino. Frente à imensidão do universo, é nossa responsabilidade, enquanto educadores, assegurar que cada geração o explore com profundo entendimento e admiração.

## Referências:

ADAMS, Jeffrey Paul; SLATER, Timothy Frederick. Astronomy in the National Science Education Standards. *Journal of Geoscience Education*, v. 48, p. 39, 2000.

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. *Física: um Curso Universitário*. Tradução de Giorgio Moscati. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1972. V.1, Mecânica.

AGUIAR, C. E.; BARONI, D.; FARINA, C. (2009). A Órbita da Lua Vista do Sol. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), 4301. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ensino Fundamental. Brasília: MEC, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ensino Médio. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL ESCOLA. Eclipse. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/eclipse.htm>. Acesso em: 22 out. 2023.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. *Física Clássica*. 1. Ed. São Paulo: Editora Atual, 2012. V. 2.

CARVALHO, Tassiana Fernanda Genzini de; RAMOS, João Eduardo Fernandes. A BNCC e o ensino da astronomia: o que muda na sala de aula e na formação dos professores. *Currículo e Docência*, Recife, v. 02, n. 02, abr. 2020. ISSN 2675-4630.

KRINER, Alicia. Las fases de la Luna ¿Cómo y cuándo enseñarlas? *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 1, p. 111-120, 2004. ISSN-L 1516-7313.

MCROBERTS, Michael. *Arduino Básico*. 2. Ed. São Paulo: Novatec, 2015. ISBN: 978-85-7522-404-5.

NASA. Moon: NASA Science. Disponível em: <https://moon.nasa.gov/>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAVIA, M. de F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/>. Acesso em: 25 out. 2023.

SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA. *Revista Brasileira de Astronomia*, Encarte Especial. Ano 3, n. 3. Jul.-Set. 2021.

TEBBUTT, M. Problems with teaching earth and space within the National Curriculum. *School Science Review*, v. 75, n. 271, p. 7-14, 1993.

WIKIPEDIA. Ecliptic. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ecliptic>. Acesso em: 10 mar. 2024.

## **APÊNDICE A**

### **Material do professor**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Construção de um modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua  
(Material do professor)

Vinícius de Paula Silveira

Material instrucional associado à dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2024



## Sumário

<b>A1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>57</b>
<b>A2</b>	<b>Lista de itens.....</b>	<b>59</b>
<b>2.1</b>	<b> Materiais.....</b>	<b>59</b>
<b>2.2</b>	<b> Lista de equipamentos e ferramentas recomendadas .....</b>	<b>63</b>
<b>A3</b>	<b>Construção.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1</b>	<b> Estrutura de MDF .....</b>	<b>65</b>
3.3.1	Parte I: Terra.....	70
3.1.2	Parte II: Lua .....	76
3.1.3	Parte III: Base.....	82
3.1.4	Parte IV: Sol .....	85
3.1.5	União das partes.....	86
<b>3.2</b>	<b> Componentes eletrônicos .....</b>	<b>89</b>
<b>3.3</b>	<b> Programação .....</b>	<b>91</b>
<b>A4</b>	<b>Plano de aula .....</b>	<b>100</b>
<b>4.1</b>	<b>Preparação e Calibração.....</b>	<b>100</b>
<b>4.2</b>	<b> As fases da Lua .....</b>	<b>102</b>
<b>4.3</b>	<b> Os eclipses.....</b>	<b>103</b>
<b>4.4</b>	<b> Finalização.....</b>	<b>104</b>
<b>A5</b>	<b>Slides .....</b>	<b>105</b>
<b>A6</b>	<b>Questionários.....</b>	<b>107</b>
<b>A7</b>	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>110</b>

## A.1 Introdução

O objetivo deste material é orientar professores na construção de um modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua (Figura A1) que servirá de material didático principalmente para a explicação das fases da Lua e dos eclipses. Sua construção passa por muitos detalhes que envolvem o uso de uma máquina de corte a laser, programação com a placa Arduino, montagem de circuitos com muitas conexões e soldas além de todo o trabalho de fixação das peças. Apesar de haver todo um passo a passo detalhado para a fabricação do modelo, o público-alvo deste material é formado por professores com interesse neste tipo trabalho manual e com a disposição de executar todas essas etapas. Contudo os testes feitos garantem a possibilidade de fabricação de um material didático durável e de muita qualidade, podendo ser usado por professores de diversas áreas do conhecimento para a explicação de muitos fenômenos astronômicos.

A maior parte da estrutura a ser montada é feita de MDF. Os professores podem buscar espaços que disponibilizam de uma Router CNC para corte a laser nos FabLabs (muito encontrados atualmente em escolas e universidades) ou contratar o serviço de corte a partir dos arquivos disponíveis neste trabalho.



*Figura A1: Foto do modelo robótico desenvolvido neste trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.*

O modelo robótico apresentado neste trabalho possui dois globos de isopor que simulam o Planeta Terra e a Lua além de uma lanterna apoiada sobre um suporte para simular o Sol. Uma placa Arduino permite ao operador acionar o movimento de rotação da Terra e a revolução síncrona da Lua em 5 velocidades diferentes. O globo que simula a Terra possui um eixo de rotação inclinado com relação ao eixo longitudinal da Eclíptica e a órbita do globo que simula a Lua executa seu movimento num plano inclinado também com relação à eclíptica. Tudo isso permite a simulação de revoluções completas da Lua sem a ocorrência de eclipses para a explicação e exposição das fases da Lua bem como permite simular os eclipses do Sol e da Lua, bastando fazer as calibrações indicadas neste material






## A.2 Lista de itens










Aqui se encontram listados os materiais, equipamentos e ferramentas utilizados na produção do modelo robótico.

### A.2.1 Materiais

No Quadro A1 encontram-se listados os insumos sugeridos para a produção do modelo e seus respectivos valores encontrados na internet no dia 07/10/2023. O valor total calculado para essa lista foi de R\$ 425,73.

*Quadro A1: Lista de insumos com imagens apenas ilustrativas e preços encontrados na internet para compra online em sites variados como o [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br), [shopping.google.com.br](http://shopping.google.com.br) e [www.baudaeletronica.com.br](http://www.baudaeletronica.com.br) no dia 07/10/2023.*

Ítem	Foto	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Chapa de MDF 60 cm x 40 cm com 3 mm de espessura.		6	7,95	47,70
Pontaleta de madeira com 30cm e 1cm de diâmetro		1	5,00	5,00
Esfera de isopor com 10cm de diâmetro		1	2,90	2,90
Esfera de isopor com 2,5 cm de diâmetro		1	0,20	0,20
Tinta Guache 12 cores		1	10,40	10,40

Arduino Mega		1	100,00	100,00
Led azul		4	0,99	3,96
Led verde		3	0,99	2,97
Led vermelho		1	0,99	0,99
Resistor 220 $\Omega$		11	0,04	0,44
Led amarelo		2	0,99	1,98
Push button		1	3,10	3,10
Chave Alavanca ASW-07		3	8,99	26,97
Chave Gangorra KCD4-201N Vermelha (4 terminais)		1	6,25	6,25

Chave Gangorra KCD1-101 2 Terminais Preta		2	1,60	3,20
Motor de Passo + Drive ULN2003		2	17,00	34,00
Protoboard 400 pontos (opcional)		1	12,50	12,50
Barra de Pinos 40 vias 15 mm 180 graus		2	3,50	7,00
Chave Seletora de Captadores 5 Posições – Mxt (Utilizada em guitarras)		1	16,90	16,90
Cabo Flat 12 Vias Colorido 26 AWG de 1m		2	9,60	19,20
Fonte de 12 V		1	16,90	16,90
Fonte de 5 V		1	13,90	13,90


Abraçadeira de Nylon de 10 cm		10	0,15	1,50
Dobradiça de 2 cm (opcional)		2	0,55	1,10
Fecho para baú (opcional)		1	1,27	1,27
Parafusos de 5 mm (opcional)		10	0,15	1,50
Tubos de cola quente		2	2,50	5,00
Cola branca		1	12,00	12,00
Cola instantânea		1	7,90	7,90
Solda		1	14,00	14,00

Grafite em pó		1	5,00	5,00
1 m de Espaguete termo-retrátil de 1,5mm de diâmetro		1	5,00	5,00
Lixas para madeira grão 110		1	1,00	1,00
Lanterna tática		1	34,00	34,00

## A.2.2 Lista de equipamentos e ferramentas recomendadas

No Quadro A2 estão listados equipamentos e ferramentas recomendados para a produção do modelo.

*Quadro A2: Equipamentos e ferramentas recomendadas para a construção do modelo robótico. As imagens são apenas ilustrativas.*

Equipamentos e ferramentas	Foto	Observações
Máquina Router Laser Cnc VS6040 corte e gravação completa 60x40cm 80W com Eixo rotativo VISUTEC		Esta foi a máquina utilizada para a produção deste trabalho. Qualquer máquina de corte e gravação a laser capaz de cortar MDF de 3mm de espessura pode ser usado. Apesar desta possuir um Eixo Rotativo ele não é utilizado neste trabalho.



Ferro de Solda		
Pistola de cola quente		
Chave Phillips		
Alicate universal		
Arco de Serra		
Pincel Escolar		

## A.3 Construção

Neste capítulo serão dados todos os detalhes da montagem da estrutura de MDF e seus acessórios, dos componentes eletrônicos e da programação envolvida.

### A.3.1 Estrutura de MDF

Para o corte das chapas de MDF recomenda-se a utilização de uma Máquina Router Laser CNC (Figura A2). O modelo utilizado nestas instruções é da marca Visutec com potência máxima de 80W e área de corte 60cm x 40cm.



*Figura A2: Router CNC de corte a laser utilizada no projeto. Fonte: [www.visutec.com.br](http://www.visutec.com.br)*

O *software* utilizado para os cortes foi o *Corel Draw Graphics Suite* Versão 24.2.1.1446 de setembro de 2022. É possível utilizar outras versões do Corel Draw, inclusive as gratuitas para teste por tempo limitado. Foi utilizado também o plugin Corel Laser fornecido pelo fabricante da máquina.

A máquina CNC pode operar na modalidade de **corte** ou de **gravação** e realizar uma leitura de imagem **vetorial** ou **raster**. Uma imagem vetorial é formada por linhas e curvas definidas por equações matemáticas, já a imagem raster é uma matriz que define a posição de cada pixel da figura. Contudo é possível definir três operações distintas:

- Corte: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial com potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.
- Marcação: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.
- Gravação: A máquina opera na função de gravação e o laser percorre linha por linha definida por uma imagem raster sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.

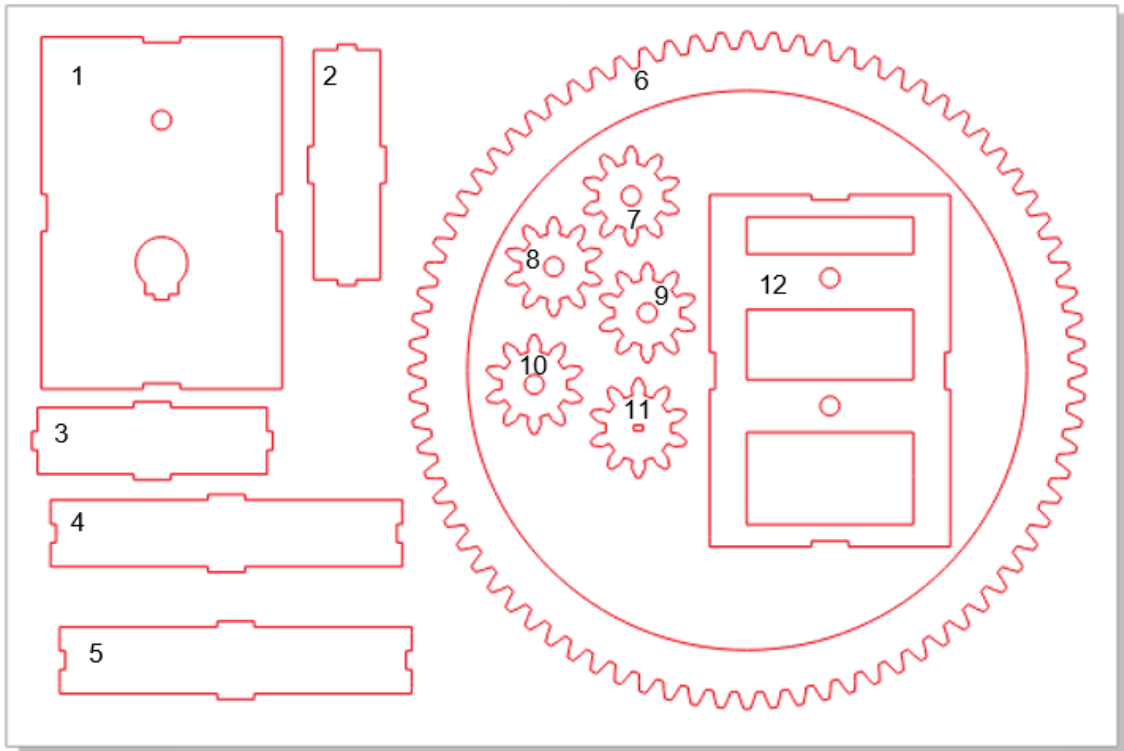
No processo de corte foi utilizada uma velocidade de 9 mm/s com uma potência de 45%. Já no processo de marcação foi utilizada a velocidade de 35 mm/s e uma potência de 12%. O processo de gravação não foi utilizado neste trabalho.

Os arquivos digitais contendo os desenhos para realizar o corte se encontram no link a seguir:

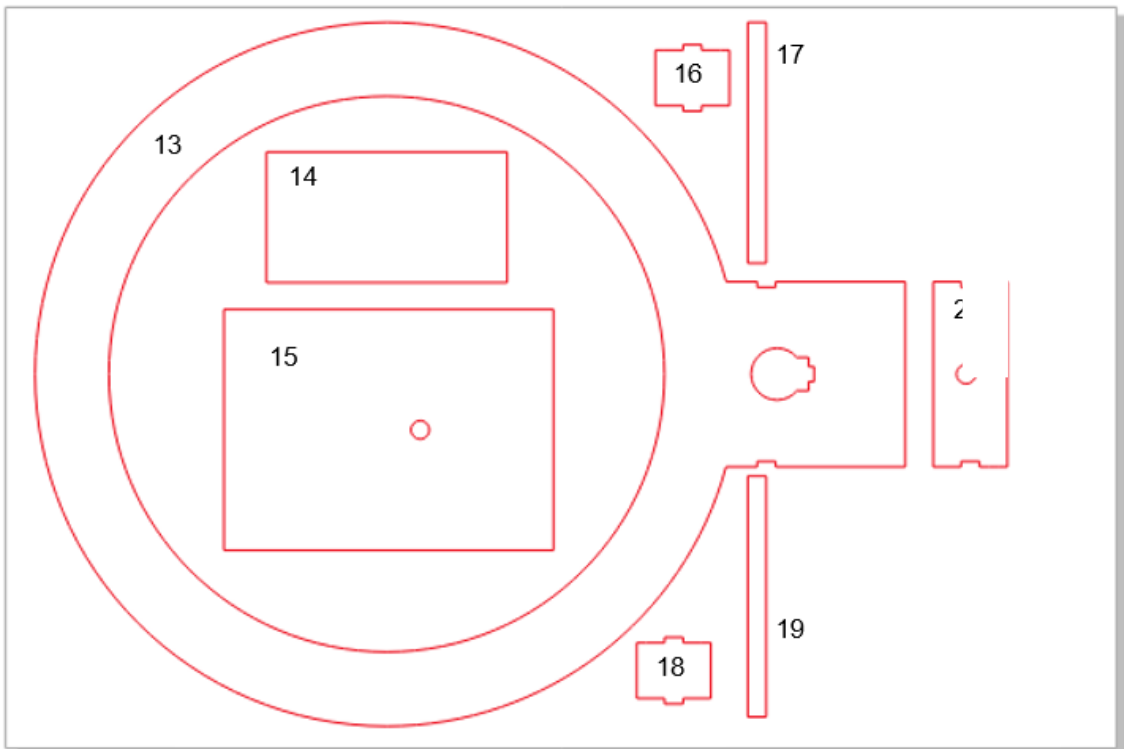
- Arquivos em CDR (para Corel Draw):  
*[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/cortes\\_modelo\\_robotico.cdr](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/cortes_modelo_robotico.cdr)*
- Arquivo em PDF:  
*[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/cortes\\_modelo\\_robotico.pdf](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/cortes_modelo_robotico.pdf)*

Para montar a estrutura em MDF comece cortando os desenhos com o uso da máquina de corte a laser. As linhas vermelhas indicam as cortes e as linhas pretas marcação conforme indicam as Figuras de A3 até A8.

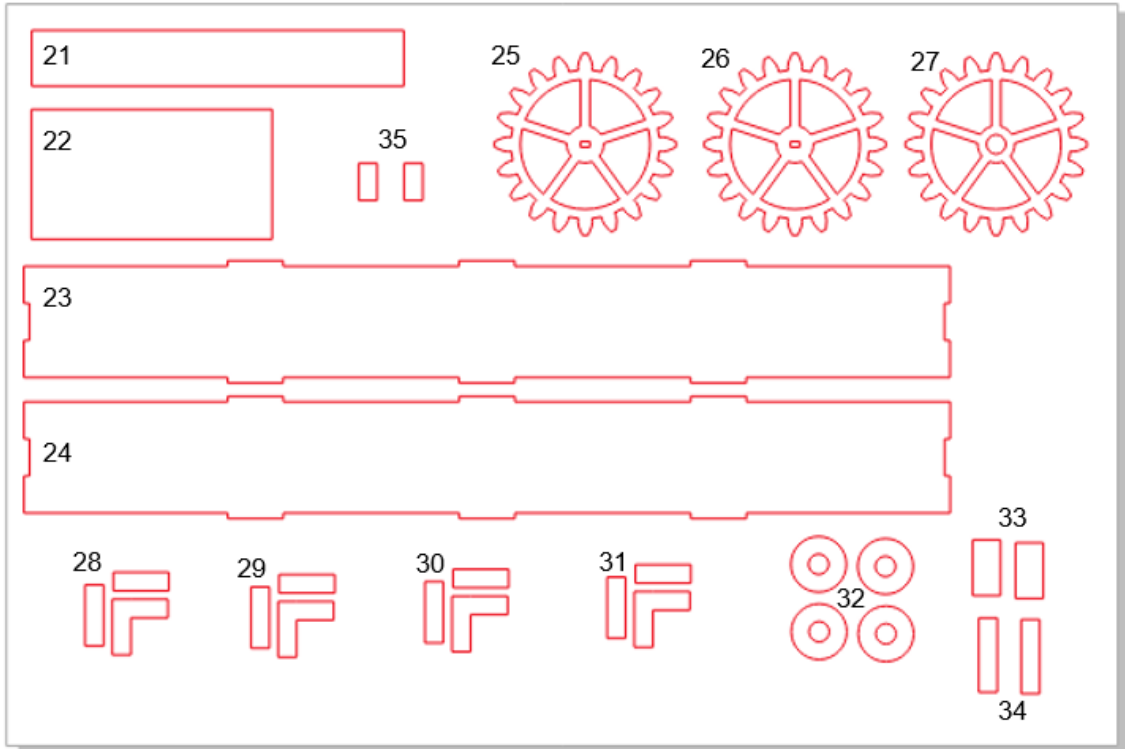
As chapas possuem dimensões de 60 cm x 40 cm mas o arquivo CDR pode ser adaptado para áreas de corte diferentes.



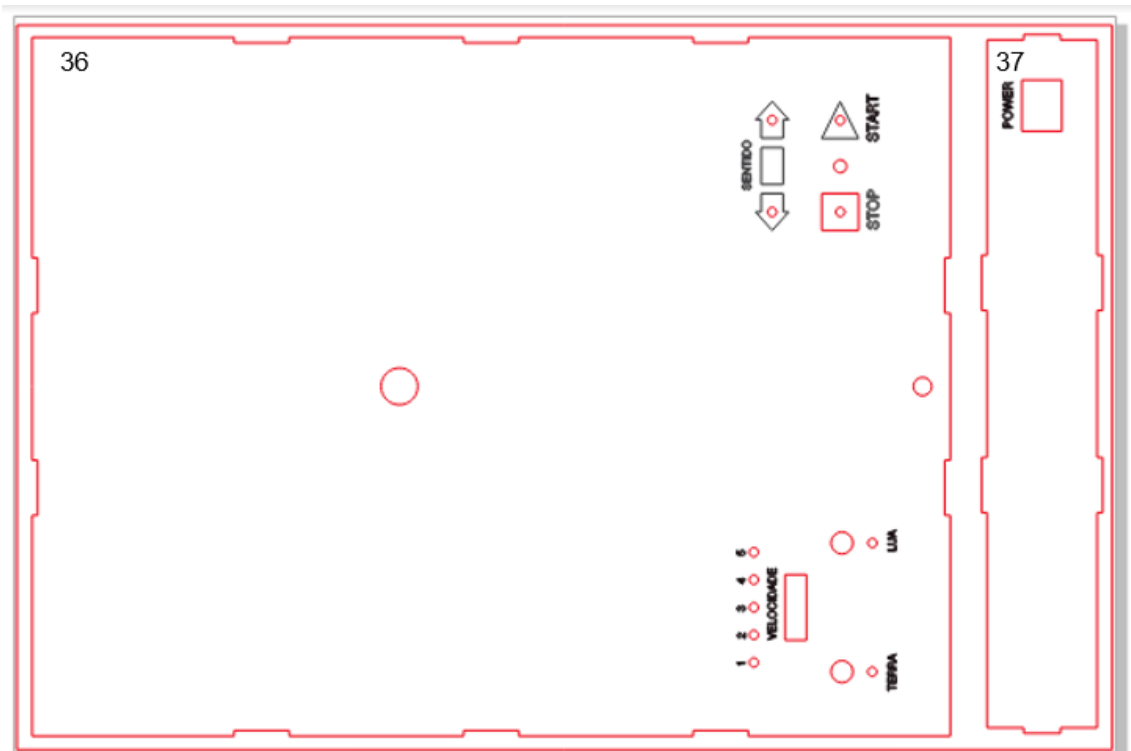
**Figura A3: Chapa 1**



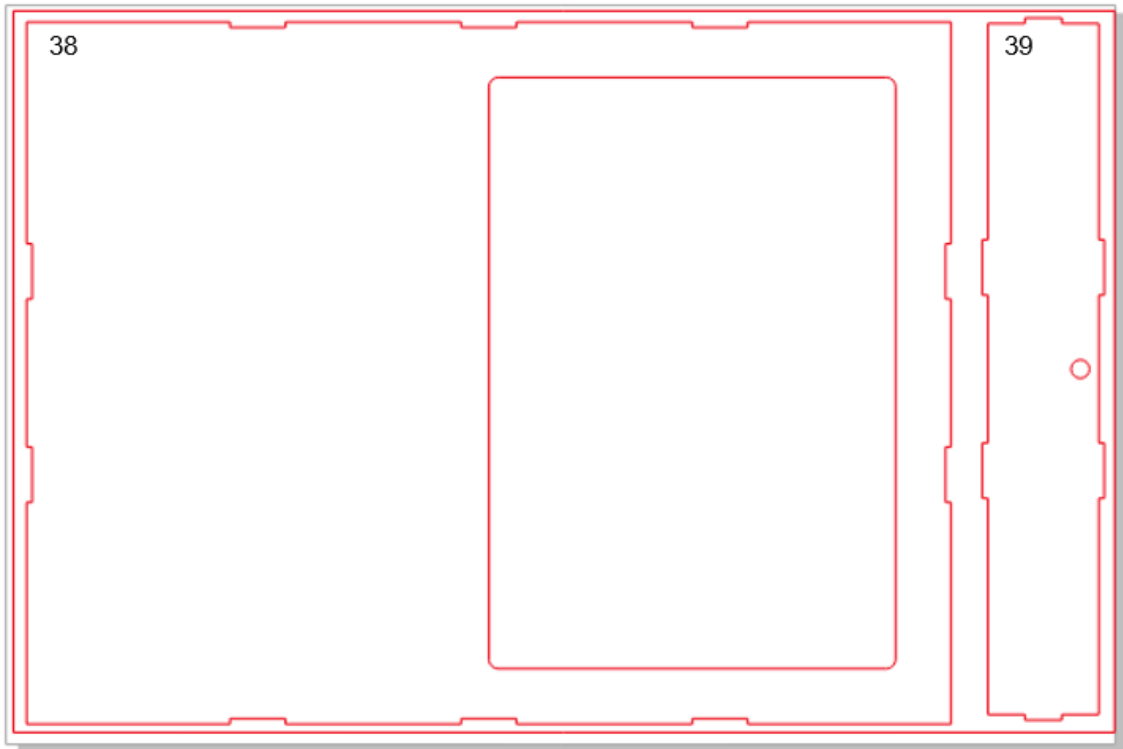
**Figura A4: Chapa 2**



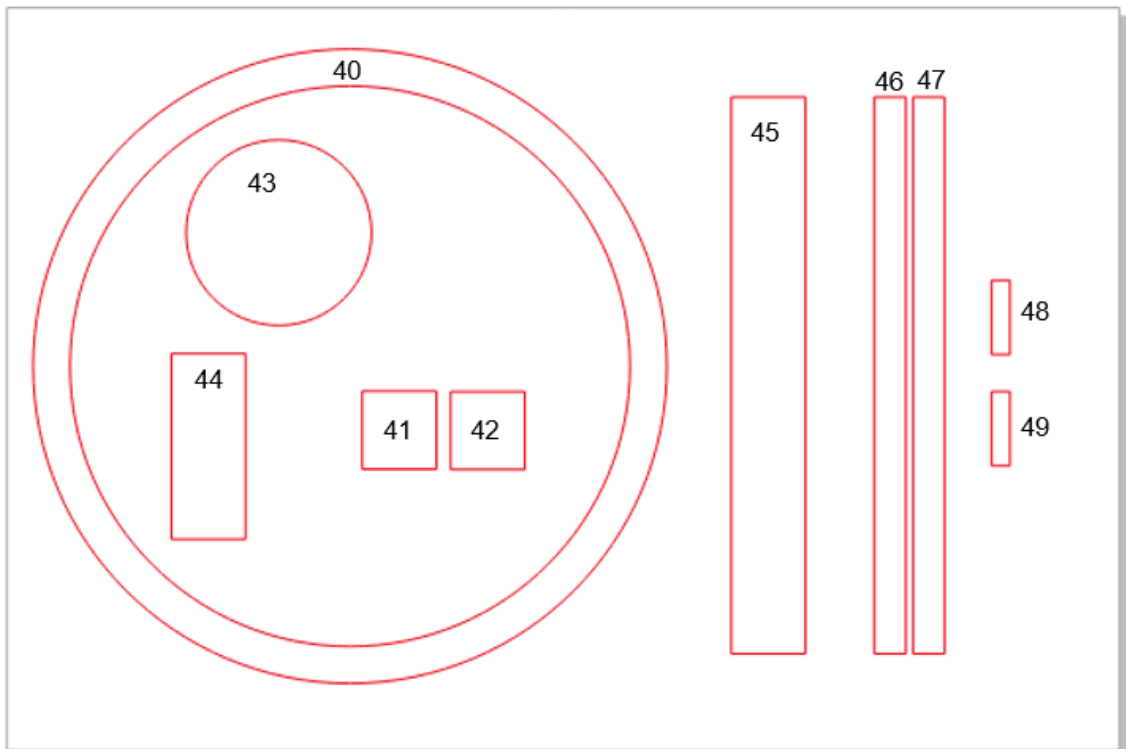
*Figura A5: Chapa 3*



*Figura A6: Chapa 4*



*Figura A7: Chapa 5*

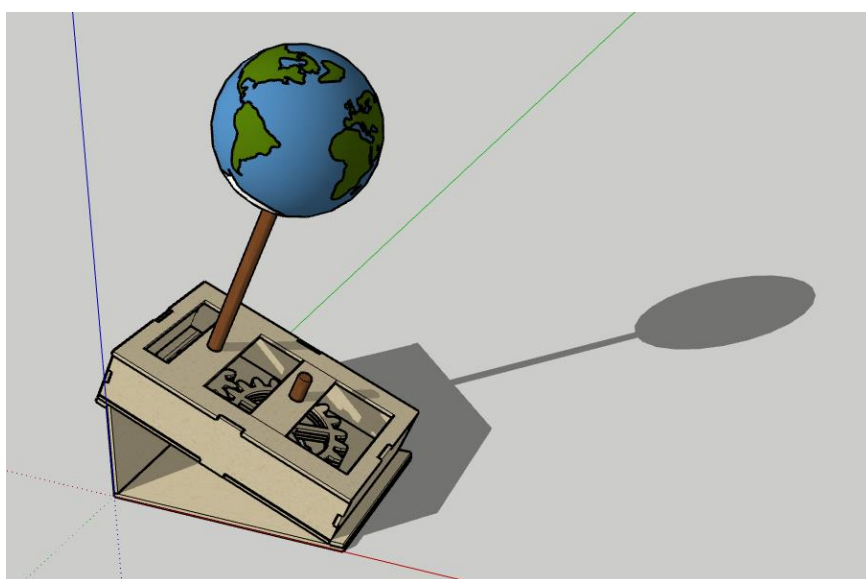


*Figura A8: Chapa 6*

Para unir as partes de MDF recomenda-se a utilização de cola branca escolar. Como ela possui longo tempo de secagem, pode-se adicionar pingos de cola instantânea aos cantos para garantir a fixação com apenas alguns segundos de pressão. Toda a montagem será dividida em 4 partes: Terra (I), Lua (II), Base (III) e Sol (IV)

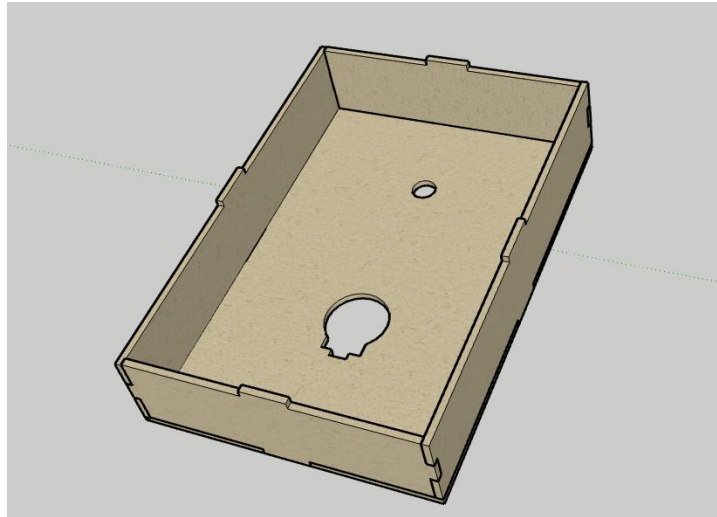
#### *A.3.3.1 Parte I: Terra*

Este grupo de peças é responsável pelo movimento do modelo da Terra (Figura A9). Contém um motor de passo, duas engrenagens e toda a estrutura de sustentação necessária.

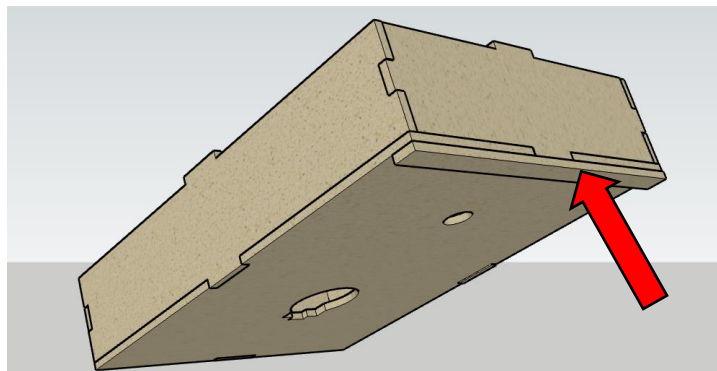


*Figura A9: Estrutura de sustentação do modelo do planeta Terra.*

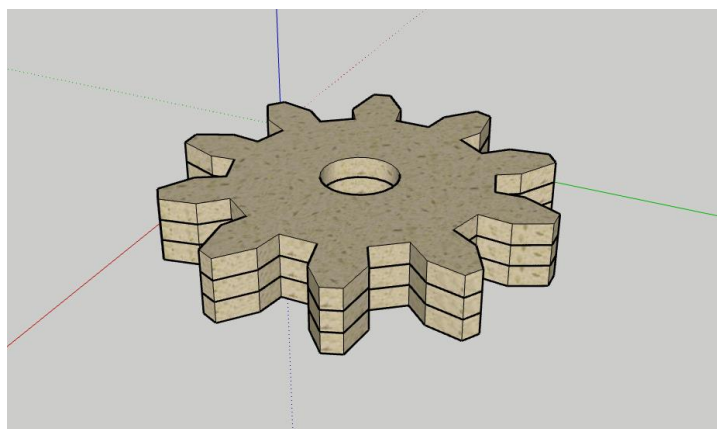
Vamos começar construindo a caixa que contém as engrenagens. Inicie colando as peças 1, 2, 3, 4 e 5 conforme a Figura A10. Na parte inferior desta caixa cole a peça 17 de acordo com a Figura A11. Para construir as engrenagens e uni-las aos seus eixos, comece unindo as peças 7, 8 e 9 (Figura A12). Cole as peças 25, 26 e 27. Observe que a peça 27 deve ficar no topo da colagem e as peças 25 e 26 devem ter seus furos centrais alinhados conforme a figura A13.



**Figura A10:** Peças 1, 2, 3, 4 e 5 após a colagem.



**Figura A11:** Detalhe sobre a colagem da peça 17 na base montada com as peças 1, 2, 3, 4 e 5.

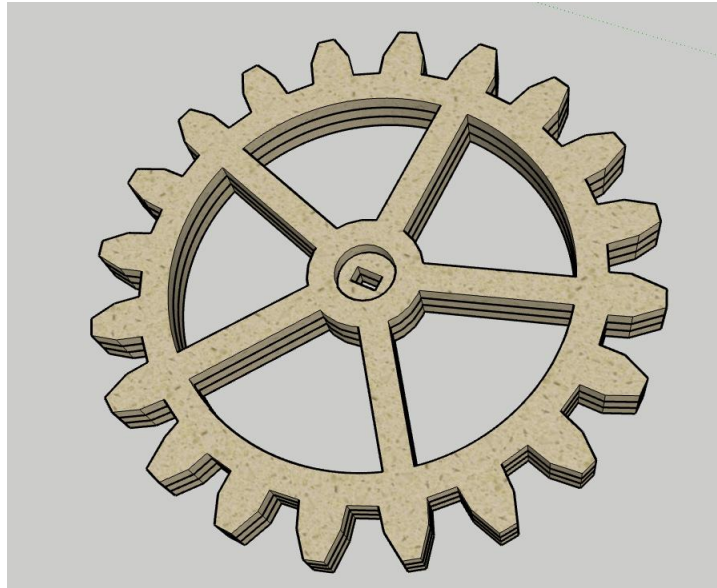


**Figura A12:** Colagem feita a partir das peças 7, 8 e 9

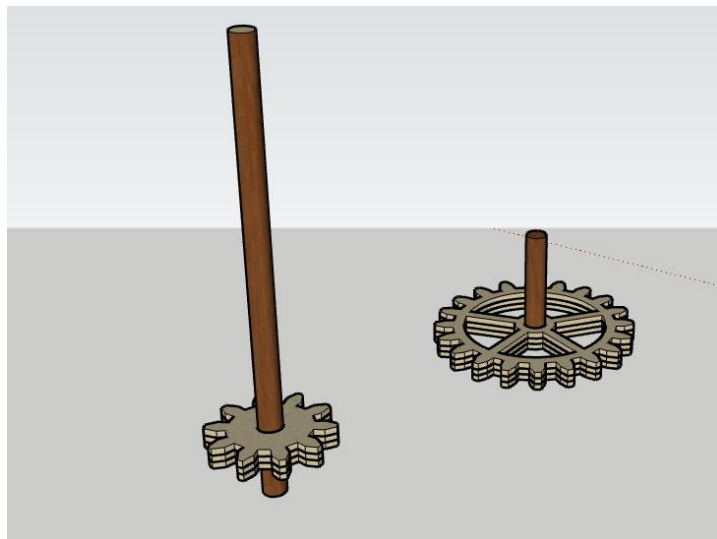
Com o auxílio de um arco de serra, corte a vara cilíndrica de madeira para obter um comprimento de 20 cm e outro com 3,5 cm. Cole as hastes no interior das engrenagens conforme Figura A14. A haste de 20 cm deve ser colada no interior da engrenagem



pequena sobrando 2cm para um dos lados. A haste com 3,5 cm de comprimento deve ser colada no interior da engrenagem maior. Tome cuidado para a cola não obstruir o orifício retangular no interior da engrenagem maior.



*Figura A13: Colagem das peças 25, 26 e 27*



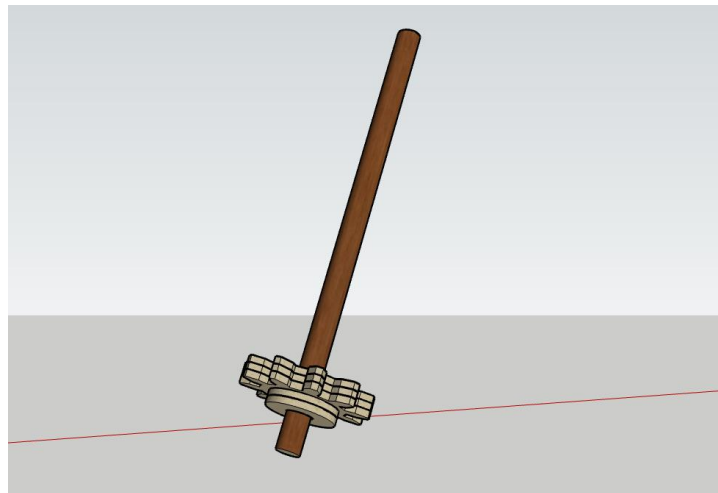
*Figura A14: Engrenagem menor colada na haste maior e engrenagem maior colada na haste menor.*

Cole duas coroas circulares indicadas pelo número 32 logo abaixo da engrenagem menor de maneira concêntrica (Figura A15).

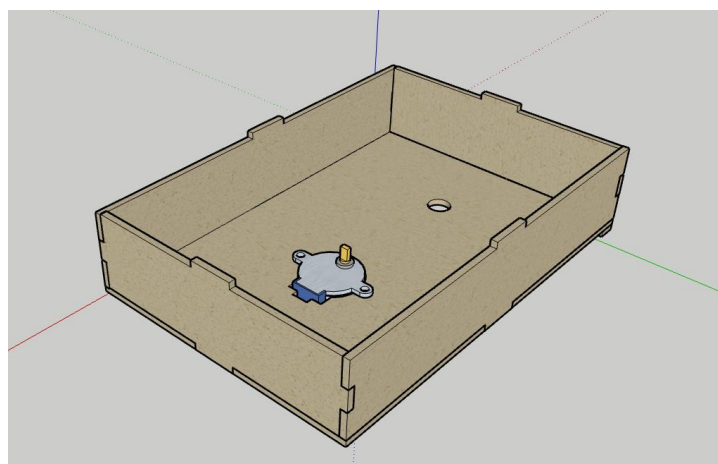
Encaixe um dos motores de passo no local apropriado sobre a peça 1 com um pingo de cola quente em cada aba do motor para fixá-lo deixando os fios para o lado de fora dela (Figura A16).

Com cola quente, cole uma das coroas circulares indicadas com o número 32 de maneira concêntrica com o eixo do motor (Figura A17).

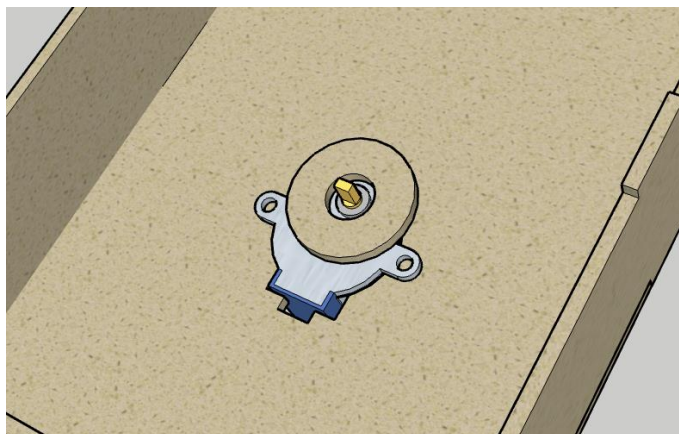
Encaixe (sem colar) a engrenagem maior sobre o eixo do motor e a engrenagem menor no furo da caixa (Figura A18). Adicione pó de grafite em todas as superfícies que deslizam entre si, tanto nas engrenagens como na caixa. Caso a haste fique muito justa no orifício, desbaste a haste com o uso de uma lixa para madeira grão 120.



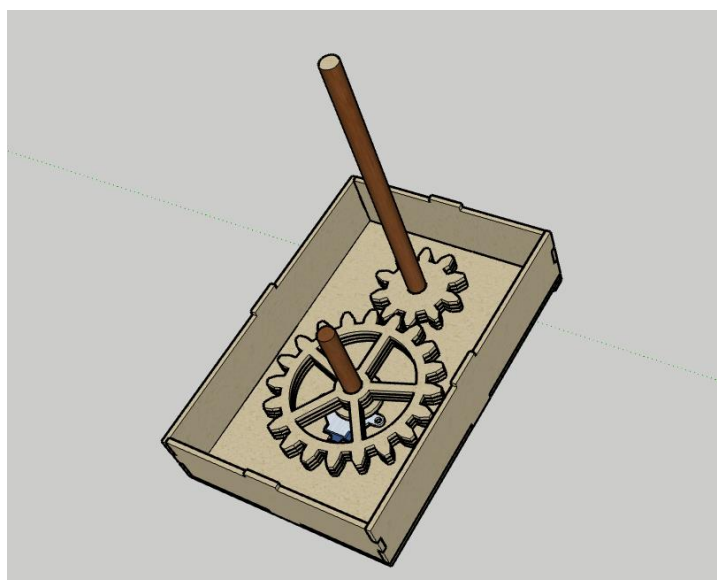
**Figura A15:** Coroas circulares coladas sobre a engrenagem menor.



**Figura A16:** Motor de passo colado na base da caixa.



**Figura A17:** Coroa circular colada de maneira concêntrica ao eixo do motor.

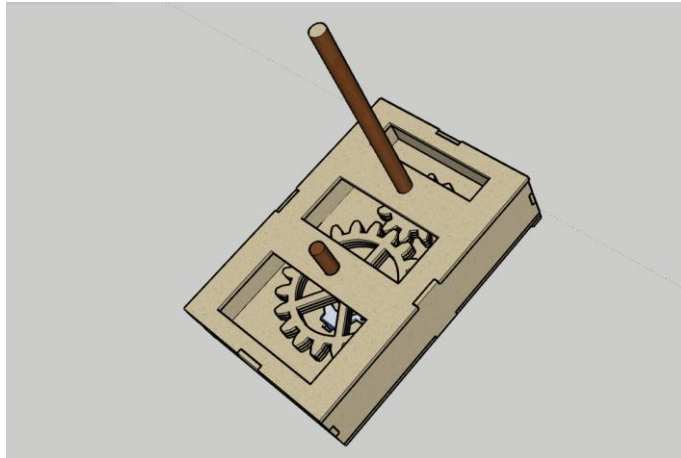


**Figura A18:** Engrenagens coladas em suas hastes e encaixadas corretamente sobre o motor e o furo da caixa.

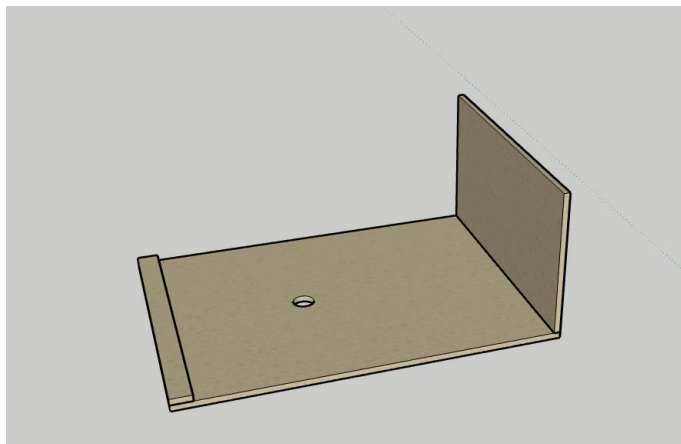
Encaixe a peça 12 como uma tampa sobre a base da caixa sem a necessidade de aplicar cola (Figura A19).

Para montar uma base que incline a caixa da maneira apropriada, cole as peças 14 e 15 formando um ângulo reto e cole a peça 19 sobre a peça 15 de acordo com a Figura A20.

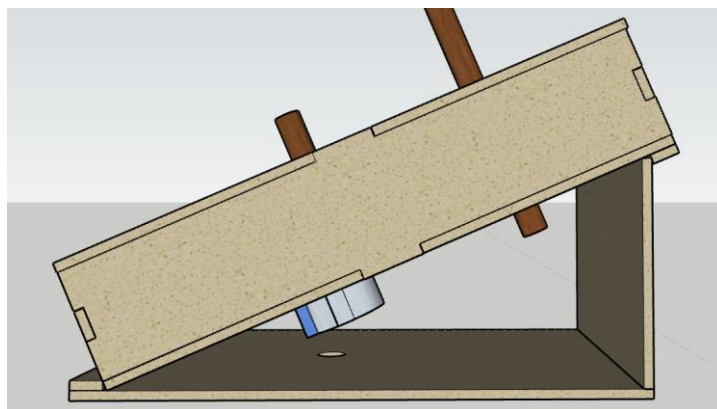
Por fim, cole a caixa contendo as engrenagens sobre esta base de acordo com a Figura A21. Os fios do motor (não mostrados na figura) devem passar pelo furo circular logo abaixo do próprio motor.



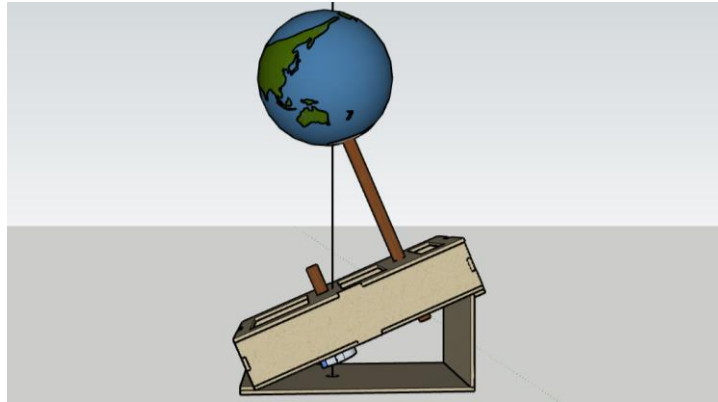
*Figura A19: Representação da caixa contendo as engrenagens após o encaixe da tampa.*



*Figura A20: Base que manterá a caixa de engrenagens inclinada.*



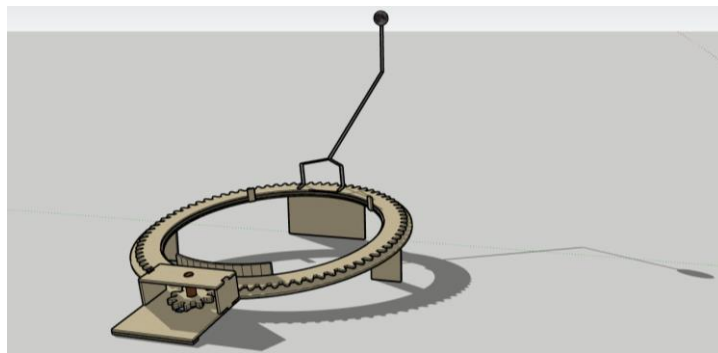
*Figura A21: Representação da caixa de engrenagens apoiada sobre a base de inclinação.*



**Figura A22:** Estrutura completa de sustentação do modelo da Terra.

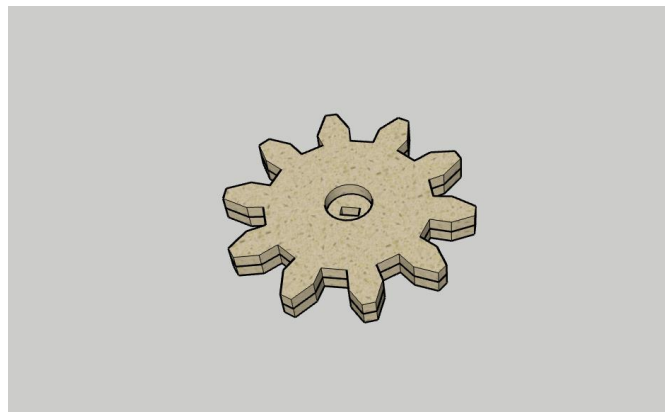
### A.3.1.2 Parte II: Lua

Esta estrutura é responsável pela revolução do modelo da Lua. (Figura A23)



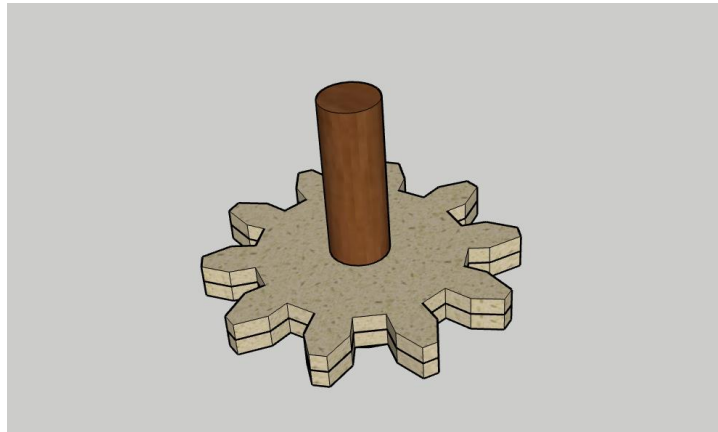
**Figura A23:** Estrutura responsável pela revolução do modelo da Lua.

Vamos começar construindo uma engrenagem ao colar as peças 10 e 11 conforme a Figura A24.



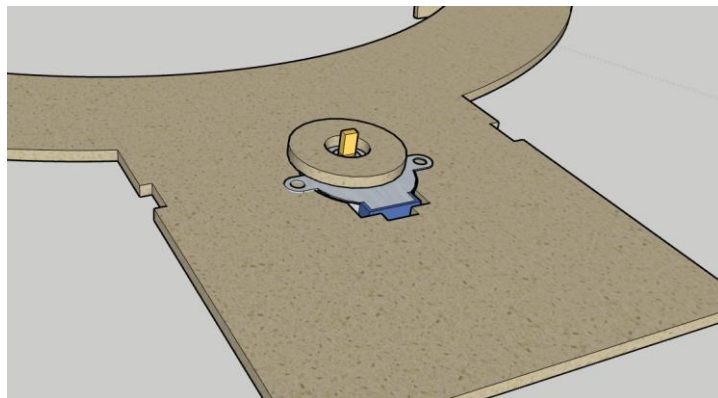
**Figura A24:** Colagem das peças 10 e 11

Cole a haste de 3,5 cm sobre o orifício da engrenagem (Figura A25). Tome cuidado para a cola não obstruir o orifício retangular central da engrenagem.



**Figura A25:** Engrenagem colada à uma haste de madeira com 3,5cm de comprimento

Encaixe o outro motor de passo no local apropriado da peça 13 e cole suas abas com cola quente. Cole uma coroa circular do grupo de peças 32 de maneira concêntrica ao eixo do motor também com cola quente conforme a Figura A26.

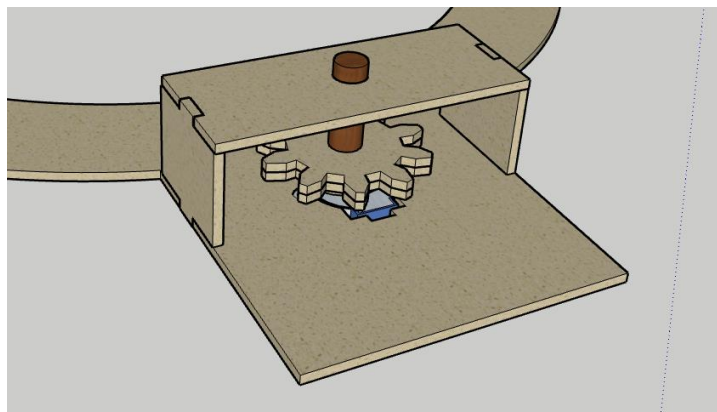


**Figura A26:** Motor de passo colado sobre a peça 13 e uma coroa circular colada de maneira concêntrica ao seu eixo.

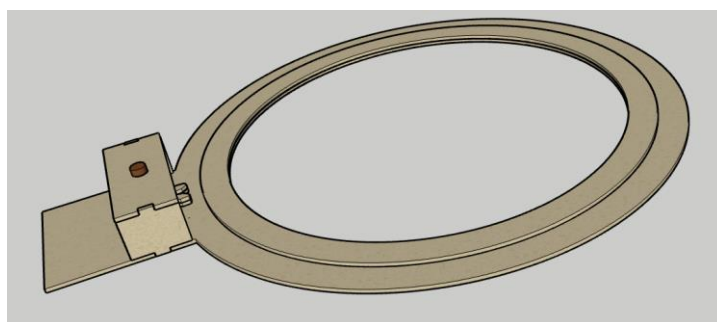
Encaixe engrenagem e sua haste sobre o eixo do motor e cole as peças 16, 18 e 20 sobre a peça 13 de acordo com a Figura A27.

Cole a coroa circular indicada pelo número 40 sobre a base 13 de maneira que as suas circunferências internas fiquem rentes uma à outra conforme Figura A28.

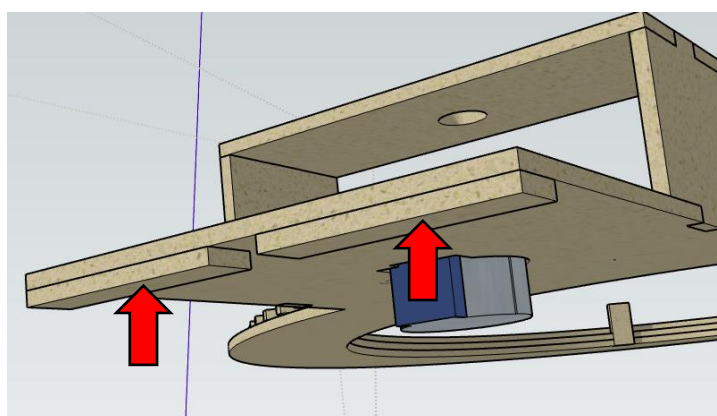
Cole as peças 48 e 49 embaixo da base 13 de acordo com a Figura A29.



*Figura A27: Engrenagem encaixada no eixo do motor sobre a estrutura formada pelas peças 16, 18 e 20 coladas.*



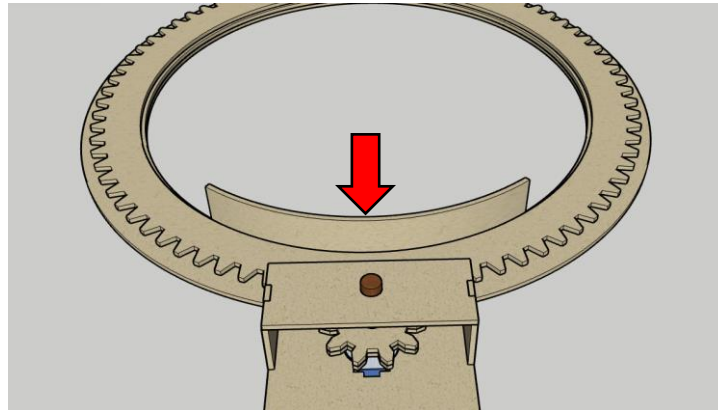
*Figura A28: Coroa circular de número 40 colada sobre a base de número 13.*



*Figura A29: Peças 48 e 49 coladas sobre a peça 13.*

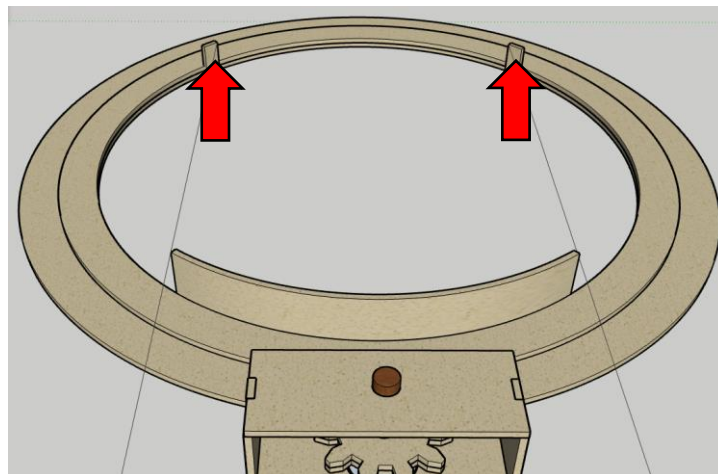
A peça 21 deve ser colada no interior das coroas circulares das peças 13 e 40, mas é necessário forçá-la para que se curve. É recomendável colar apenas com cola

instantânea e fazer pressão forçada por 1 minuto. Para facilitar a colagem, tente forçar a peça previamente para que ela vá assumindo a forma curva próxima da pretendida.



**Figura A30:** Peça 21 colada encurvada no interior das peças 13 e 40.

Cole as duas peças indicadas pelo número 35 sobre a circunferência interna das peças 13 e 40 alinhadas com as extremidades da peça 21.



**Figura A31:** Peças de número 35 coladas no interior das peças 13 e 40 alinhadas com as extremidades da peça 21.

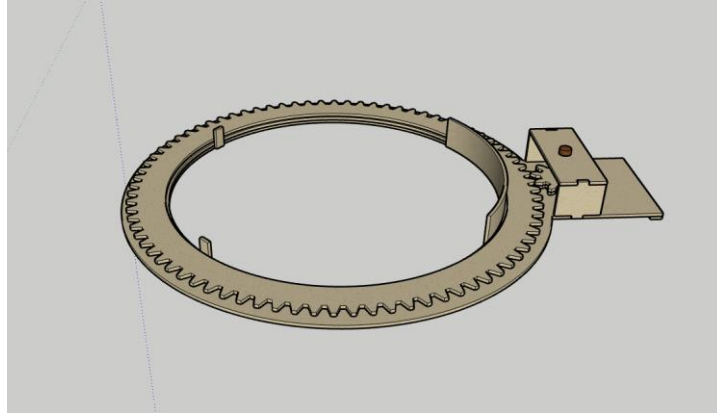
Posicione a grande engrenagem de número 6 sobre a peça 40 de maneira que haja um encaixe com a engrenagem menor conforme a Figura A32.

Para montar a estrutura que sustenta a Lua utilize um pedaço de arame com 50 cm de comprimento e outro com 16 cm. Marque o arame de 50cm com uma caneta nas posições: 2 cm, 6 cm, 15 cm e 41 cm de acordo com a Figura A33.

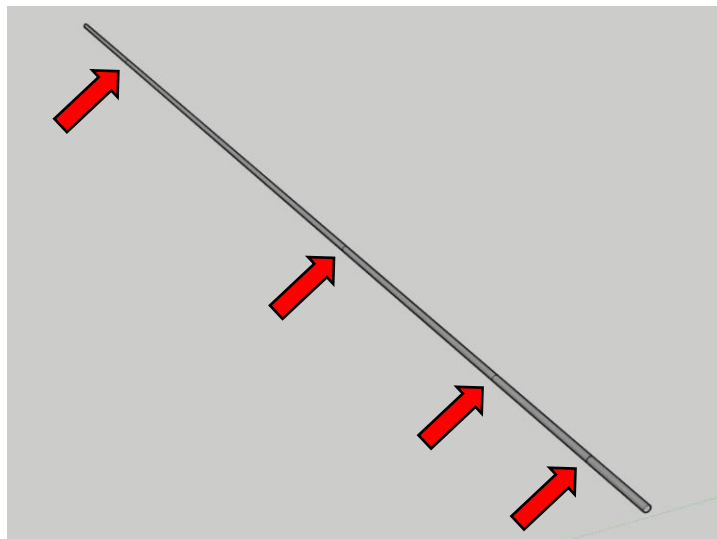
Na posição 2 cm dobre 90° para cima e na posição 6cm dobre 90° para baixo de acordo com a Figura A34.



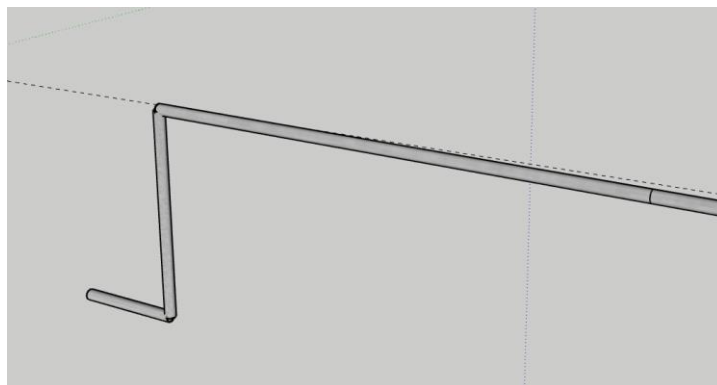
Na posição 15cm dobre aproximadamente 45° lateralmente (Figura A35).



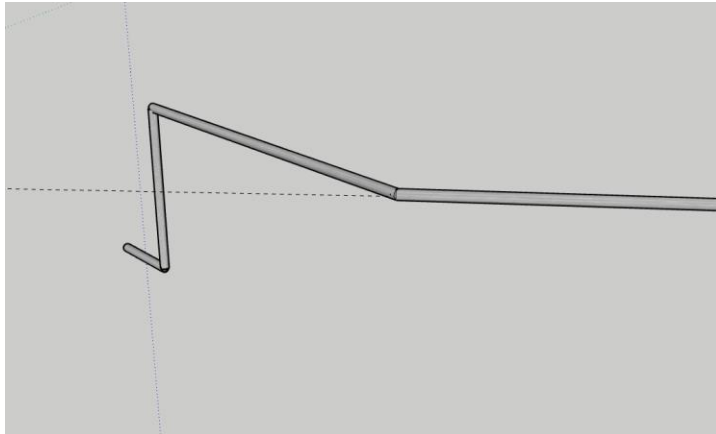
*Figura A32: Engrenagem maior apoiada sobre a peça 40 e encaixada na engrenagem menor.*



*Figura A33: Arame de 50cm demarcado nas posições 2cm, 6cm, 15cm e 41cm.*

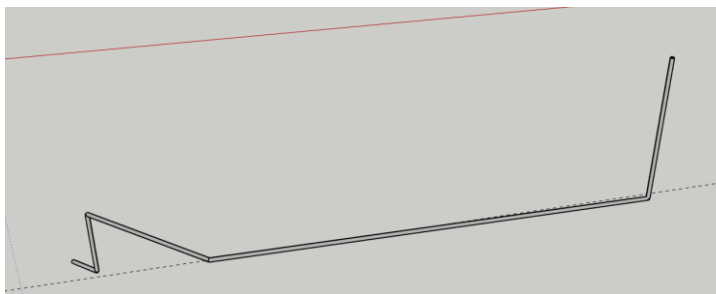


*Figura A34: Dobras retas feitas sobre as marcações nas posições 2cm e 6cm.*



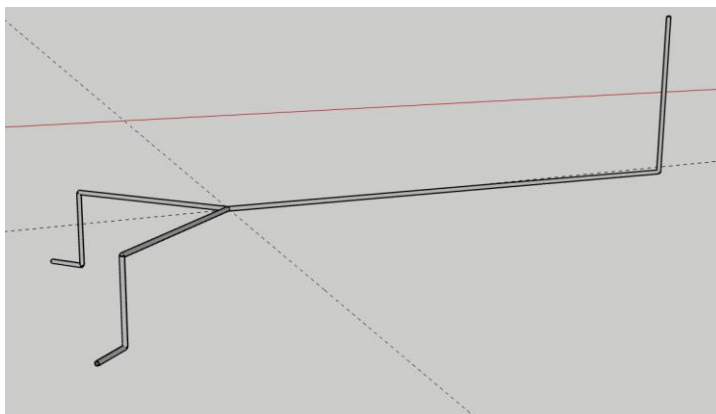
**Figura A35:** Dobra lateral de 45° na marcação de 15cm.

Finalmente na posição 41cm dobre 90° para cima (Figura A36)



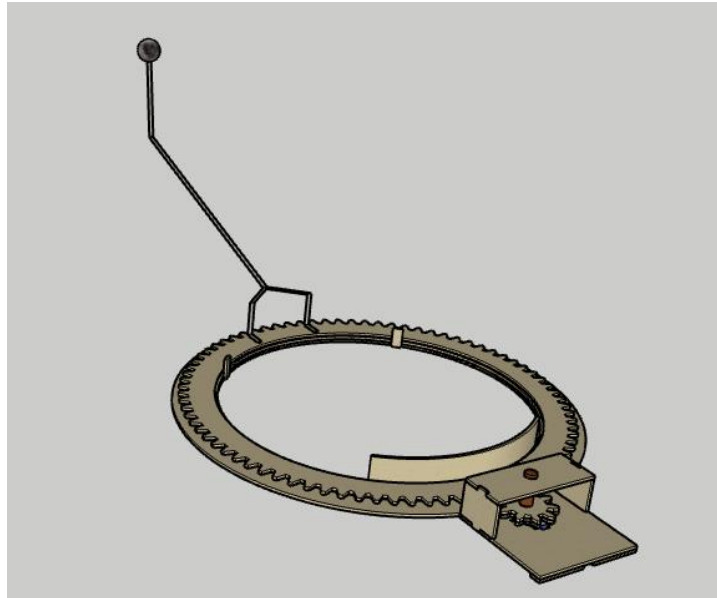
**Figura A36:** Arame de 50cm finalizado.

Com o arame de 16cm faça uma “perna” semelhante à do arame de 50 cm e conecte conforme a Figura A37.



**Figura A37:** Arame de 50cm conectado ao arame de 16cm.

Utilize 1cm do arame menor para dar uma volta prendendo-o ao arame maior. Coloque uma gota de cola instantânea para fixar melhor. Esta estrutura de arame deve ser colada à peça de número 6 com cola instantânea. Introduza a extremidade vertical em uma esfera de isopor com 2,5cm de diâmetro e a pinte de cinza (Figura A38).



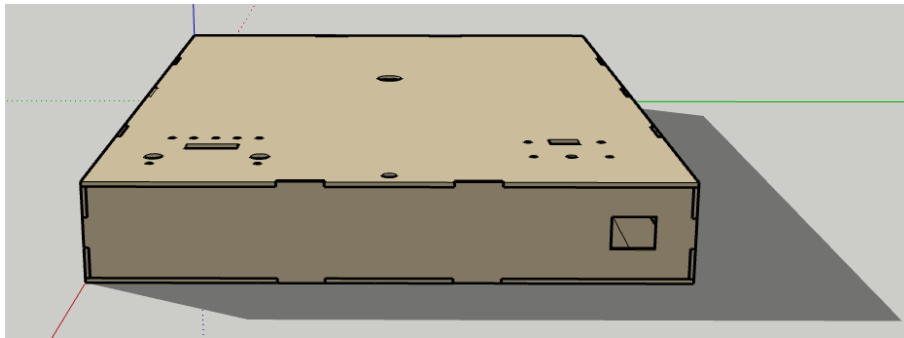
**Figura A38:** Estrutura de sustentação do modelo da Lua finalizado.

Neste momento a estrutura que sustenta o modelo da Lua está finalizado. A inclinação exata do suporte de arame será calibrada posteriormente.

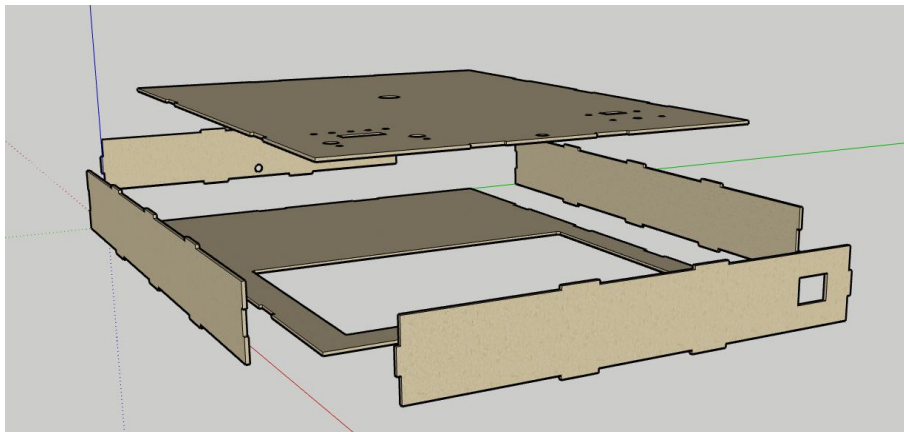
### **A.3.1.3 Parte III: Base.**

Esta é a parte onde a maioria dos componentes eletrônicos são fixados e que serve de base para a estrutura que move os modelos da Terra e da Lua (Figura A39).

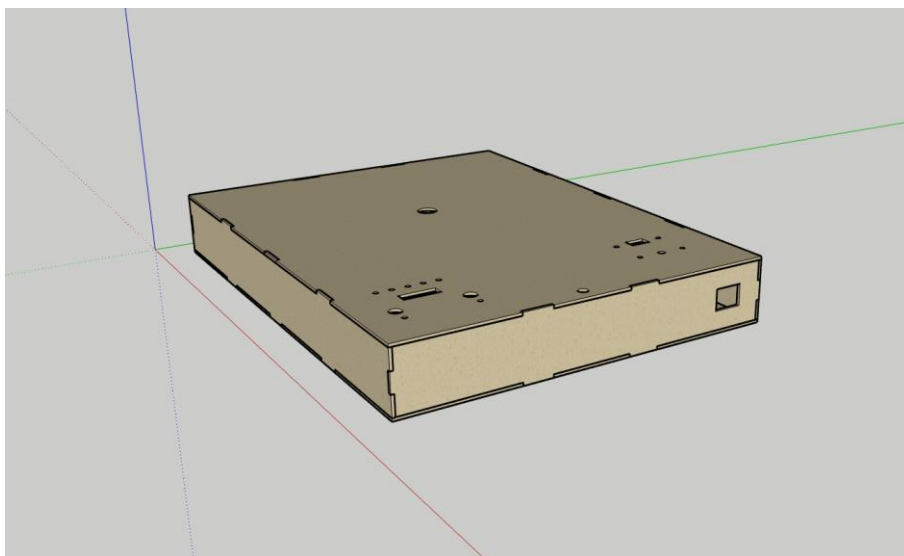
Para construir a base, basta colar as peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39 conforme a Figuras A40 e A41. Para a construção dos quatro pés da caixa utilize os conjuntos de peças 28, 29, 30 e 31 conforme a Figura A42. A grande abertura na parte inferior da base, especificamente na peça 38, pode ser mantida aberta já que ela não ficará visível e todos os componentes eletrônicos internos serão fixadas ao MDF. Caso se faça opção de fechar esta abertura, é possível adaptar a tampa para abrir e fechar adicionando dobradiças, um fecho de baú e as peças 33 e 34, conforme indica a Figura A43. A Figura A44 apresenta a base de MDF ao final de sua montagem.



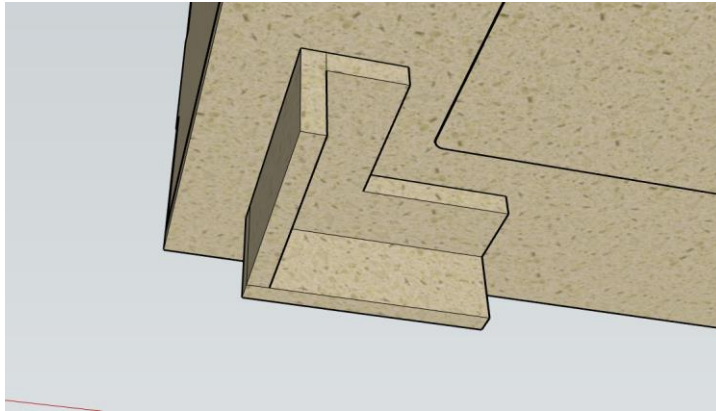
**Figura A39:** Estrutura da base onde é fixada a maioria dos componentes eletrônicos.



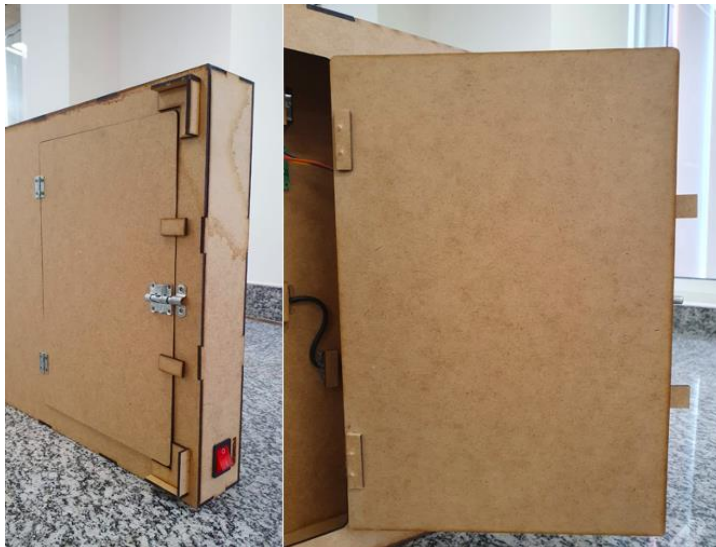
**Figura A40:** Peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39 antes de serem encaixadas e coladas



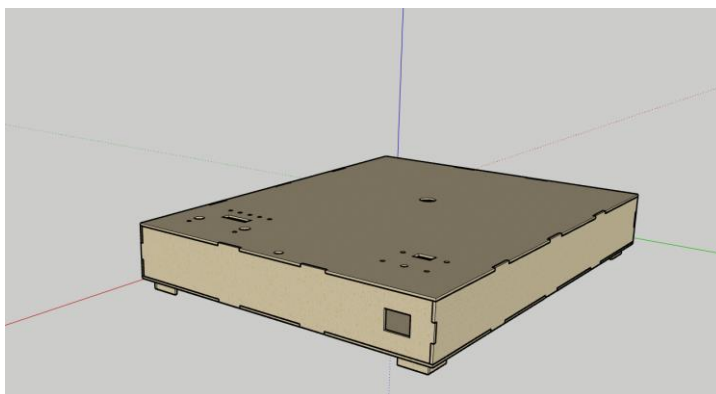
**Figura A41:** Estrutura da base após a colagem das peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39.



**Figura A42:** *Maneira como devem ser coladas as peças 28, 29, 30 e 31 para compor os 4 pés da base.*



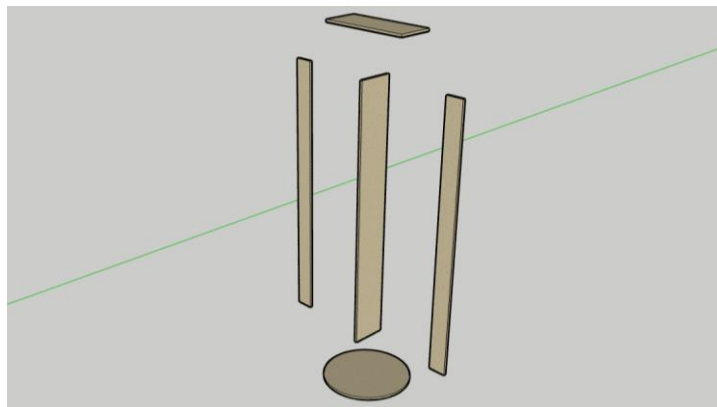
**Figura A43:** *Visão das dobradiças e fecho opcionais caso se queira adicionar uma tampa para a parte inferior da base.*



**Figura A44:** *Base de MDF ao final da sua montagem.*

#### A.3.1.4 Parte IV: Sol

Cole as peças 43, 44, 45, 46 e 47 para formar a plataforma de sustentação da lanterna que representa o Sol conforme Figuras A45 e A46.



**Figura A45:** Peças 43, 44, 45, 46 e 47 antes de serem coladas para montar o suporte da lanterna.



**Figura A46:** Peças 43, 44, 45, 46 e 47 após serem coladas para montar o suporte da lanterna.

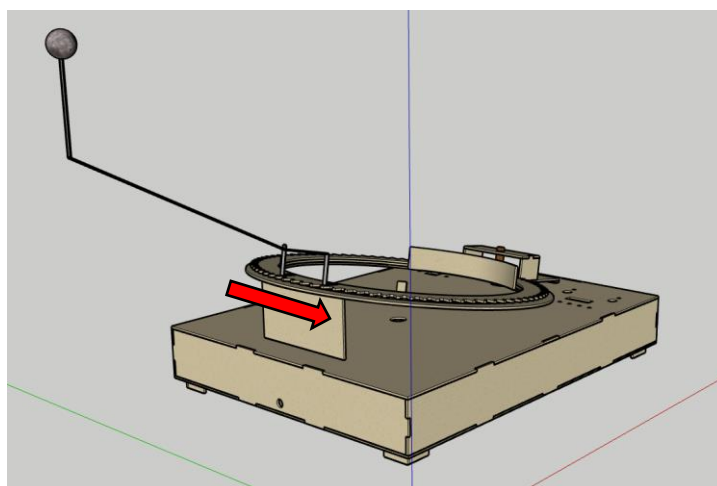
Para que sejam bem executadas as simulações dos eclipses é importante que a lanterna seja do tipo “tática”, ou seja, que consiga gerar um feixe de raios colimados. Não é possível utilizar apenas uma lâmpada elétrica residencial ou a lanterna de um celular pois não produzem feixes colimados e por isso não geram sombras bem definidas. Contudo é possível adaptar uma lâmpada residencial de LED de 5W e um tubo de papel de cor preta colado com fita conforme indica a Figura A47.



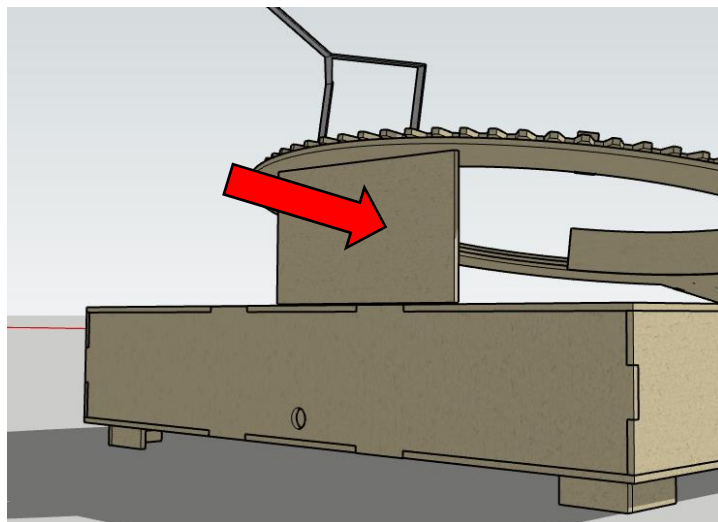
**Figura A47:** Sugestão de adaptação de lâmpada residencial de LED de 5W com tubo de papel preto colado com fita.

#### A.3.1.5. União das partes

Para unir as partes II (Lua) e III (Base) utilize a peça 22 logo abaixo da peça 13 conforme as Figuras A48 e A49.

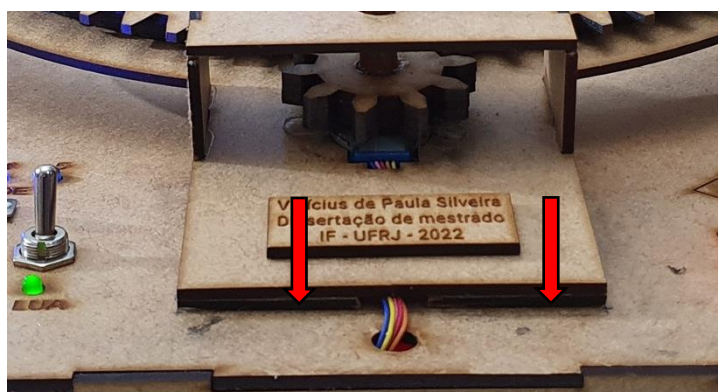


**Figura A48:** A peça 22 cria a inclinação necessária para o suporte da Lua e ajuda a fixá-la sobre a base de MDF.



**Figura A49:** Peça 22 vista por um outro ângulo.

Cole as peças 48 e 49 que estão fixadas na peça 13 sobre a base de MDF próximo ao furo circular tendo passado o fio do motor de passo pelo furo circular indicado na Figura A50.



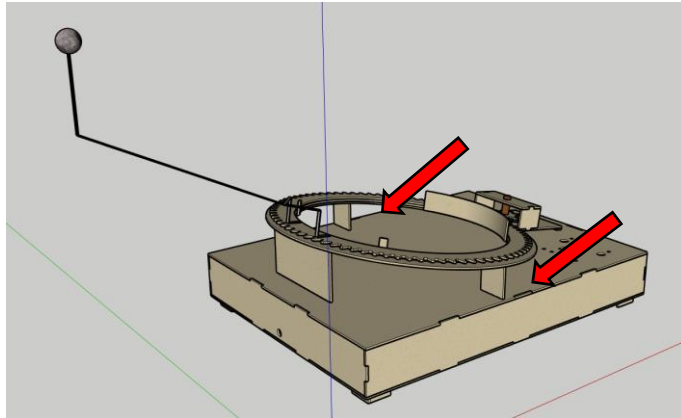
**Figura A50:** Peças 48 e 49 coladas sobre a base de MDF próximas do furo circular por onde passa o fio do motor de passo.

Para dar melhor sustentação, adicione as peças 41 e 42 sob a peça 13 na exata posição em que se encaixarem bem conforme a Figura A51. Por fim, posicione a parte I (Terra) no interior da parte II (Lua) apoiado sobre a parte III (Base) conforme Figura A52.

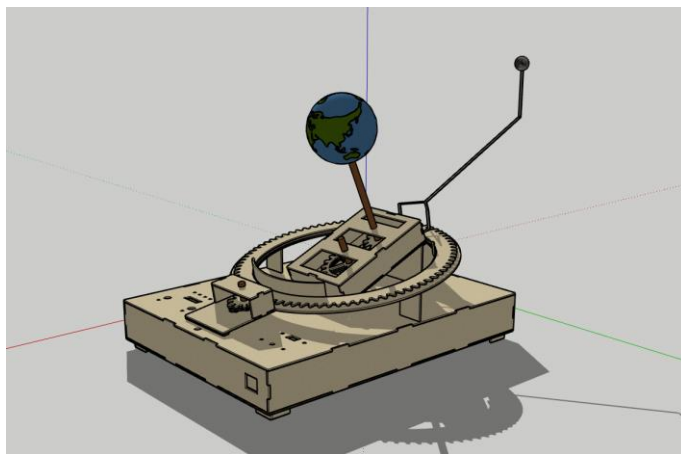
O fio que sai do motor que move o modelo da Terra deve ir para a área interna da parte III (Base) através do orifício que está próximo a ele indicado na Figura A53.

Finalmente, posicionando a parte IV (Sol) sobre a mesma superfície temos a montagem completa (Figura A54), faltando apenas os componentes eletrônicos.

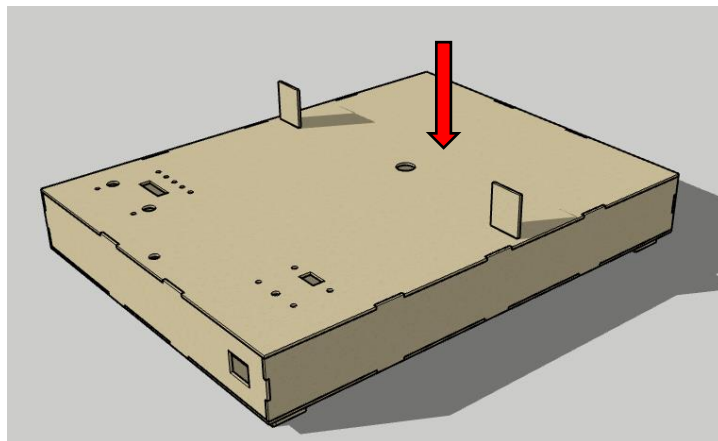




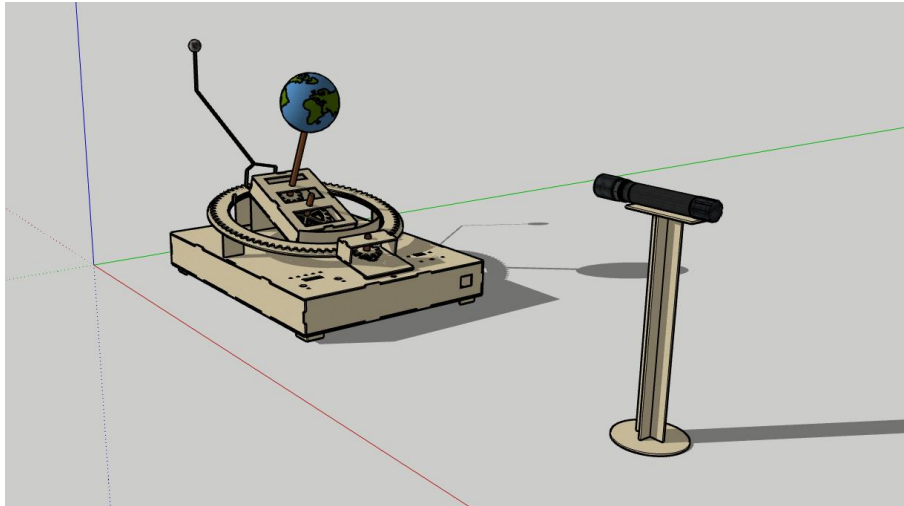
*Figura A51: Peças 41 e 42 coladas para dar melhor sustentação*



*Figura A52: Partes I, II e III unidas*



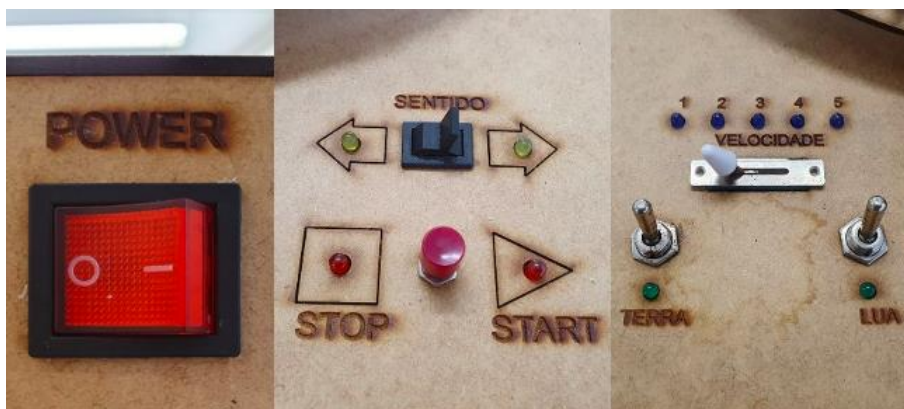
*Figura A53. Indicação do furo circular por onde passa o fio do motor de passo que move o modelo do planeta Terra.*



*Figura A54: Estrutura completa faltando apenas os componentes eletrônicos.*

### A.3.2 Componentes eletrônicos

As fotografias na Figura A55 mostram como devem ser fixados os componentes eletrônicos que ficam visíveis no modelo robótico.



*Figura A55: Componentes eletrônicos visíveis do modelo robótico.*

O esquema da Figura A56 apresenta todas as conexões que ligam os componentes eletrônicos e a placa Arduino Mega. É importante utilizar exatamente os pinos indicados para que o modelo funcione corretamente.

A Figura A57 serve como sugestão do posicionamento dos componentes colados com cola quente dentro da caixa base de MDF. Contudo ela utiliza uma protoboard que não é necessária e uma bateria de 9V. O esquema da figura A56 mostra as conexões mais indicadas e a utilização de uma fonte de 12V-1A no lugar da bateria.

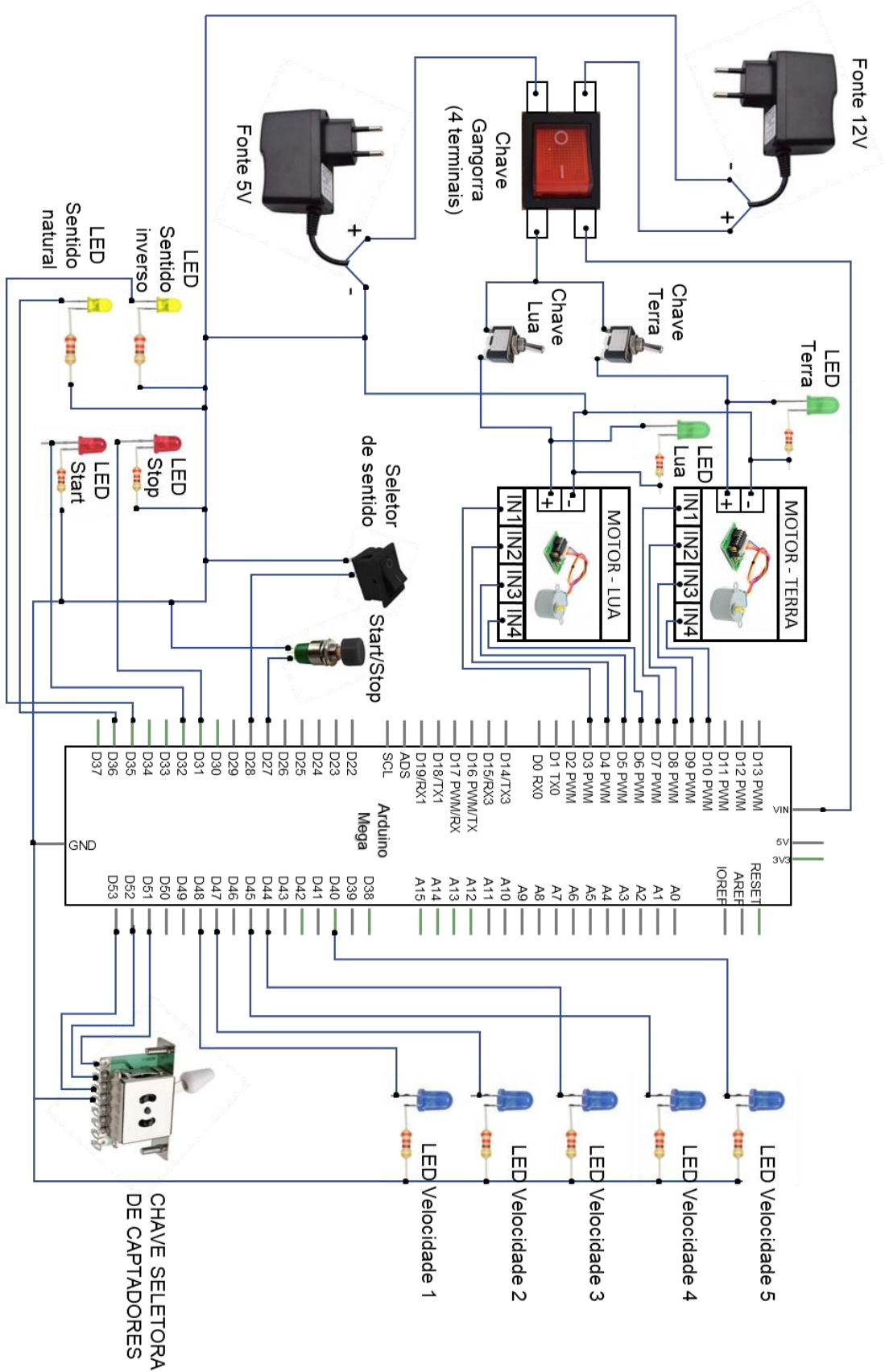
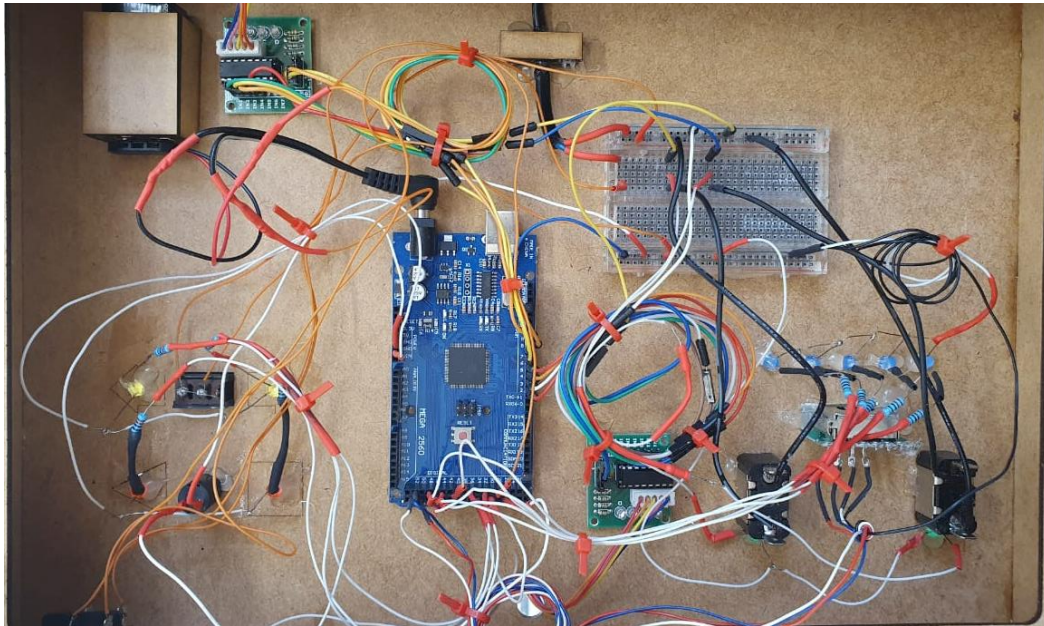


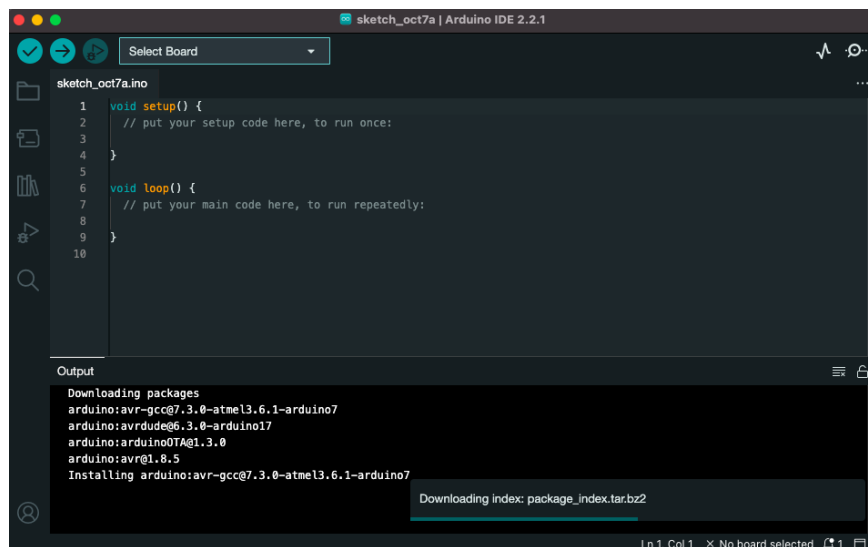
Figura A56: Esquema de ligação dos componentes eletrônicos.



*Figura A57: Foto da montagem feita.*

### A.3.3 Programação

Para que a placa Arduino funcione corretamente será necessário carregar um *sketch* próprio para este projeto. Baixe o *software* Arduino IDE diretamente no site [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) de acordo com o seu sistema operacional e execute o programa indicado na Figura A58.



*Figura A58: Software Arduino IDE.*

Com o Arduino Mega conectado na porta USB do seu computador, clique em “Select Board” e escolha a porta que indica “Arduino Mega”. Em seguida abra o arquivo do QR Code a seguir ou por meio do link:

[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/Sketch\\_Terra\\_Lua.ino](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Sketch_Terra_Lua.ino)

Aqui encontra-se uma cópia do Sketch utilizado:

```
// Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
// Instituto de Física - IF  
// Mestrado Profissional de Ensino de Física  
// Trabalho de Dissertação  
// Autor: Vinícius de Paula Silveira  
//-----  
//Biblioteca para uso dos motores de passo  
#include <Stepper.h>  
  
//Portas para o seletor de velocidade  
#define pinVel1 51  
#define pinVel2 52  
#define pinVel3 53  
  
//Portas do motor de passo 1 (Terra)  
#define Terra1 7  
#define Terra2 8  
#define Terra3 9  
#define Terra4 10  
Stepper mTerra(2050,Terra1,Terra3,Terra2,Terra4);  
  
//Portas do motor de passo 2 (Lua)  
#define Lua1 3
```

```

#define Lua2 4
#define Lua3 5
#define Lua4 6
Stepper mLua(2050,Lua1,Lua3,Lua2,Lua4);

//Portas dos Leds indicadores de velocidade
#define ledVel1 48
#define ledVel2 47
#define ledVel3 44
#define ledVel4 45
#define ledVel5 40

//Portas dos Leds indicadores de sentido
#define ledSentido1 36
#define ledSentido2 35

//Portas dos Leds Start/Stop
#define ledStart 32
#define ledStop 31

//Portas do Botao de sentido e de Start/Stop
#define btnSentido 28
#define btnStartStop 27

//Variavel global que define o sentido de rotaçao dos motores
int sentido;

void setup(){

//Definição de entradas Pull-Up
pinMode(pinVel1,INPUT_PULLUP);
pinMode(pinVel2,INPUT_PULLUP);

```

```

    pinMode(pinVel3,INPUT_PULLUP);
    pinMode(btnSentido,INPUT_PULLUP);
    pinMode(btnStartStop,INPUT_PULLUP);

//Definição das portas dos leds como Output
    pinMode(ledVel1,OUTPUT);
    pinMode(ledVel2,OUTPUT);
    pinMode(ledVel3,OUTPUT);
    pinMode(ledVel4,OUTPUT);
    pinMode(ledVel5,OUTPUT);
    pinMode(ledSentido1,OUTPUT);
    pinMode(ledSentido2,OUTPUT);
    pinMode(ledStart,OUTPUT);
    pinMode(ledStop,OUTPUT);
}

void loop(){

//Variavel que lê o estado da chave que define o sentido de rotação
    bool S1=digitalRead(btnSentido);

//Comando para definir o valor da variavel sentido e acender as luzes
correspondentes
    if(S1){sentido=1;
        digitalWrite(ledSentido1,HIGH);
        digitalWrite(ledSentido2,LOW);
    }
    else{sentido=-1;
        digitalWrite(ledSentido1,LOW);
        digitalWrite(ledSentido2,HIGH);
    }
    if (pinBotaoRetencao()) {

```

```

    digitalWrite(ledStart,HIGH);
    digitalWrite(ledStop,LOW);
}
else {
    digitalWrite(ledStart,LOW);
    digitalWrite(ledStop,HIGH);
}
//Variaveis com a leitura dos pinos do seletor de velocidade
bool V1=digitalRead(pinVel1);
bool V2=digitalRead(pinVel2);
bool V3=digitalRead(pinVel3);

//Condições para acionar as funções de velocidade
if((V1==0)&&(V2==1)&&(V3==1)){velocidade1();}
if((V1==0)&&(V2==0)&&(V3==1)){velocidade2();}
if((V1==1)&&(V2==0)&&(V3==1)){velocidade3();}
if((V1==1)&&(V2==0)&&(V3==0)){velocidade4();}
if((V1==1)&&(V2==1)&&(V3==0)){velocidade5();}

}
void velocidade1(){
//Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,HIGH);
    digitalWrite(ledVel2,LOW);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,LOW);

//Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(2);
        mLua.setSpeed(2);
    }
}

```



```

    for(int i=1;i<7;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}

}

void velocidade2(){
    //Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,LOW);
    digitalWrite(ledVel2,HIGH);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,LOW);

    //Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(3);
        mLua.setSpeed(3);

        for(int i=1;i<6;i++){
            mTerra.step((sentido)*2);
            mLua.step((sentido)*1);
        }
        mTerra.step((sentido)*1);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
}

void velocidade3(){

```

```

//Acende os leds indicadores da velocidade
digitalWrite(ledVel1,LOW);
digitalWrite(ledVel2,LOW);
digitalWrite(ledVel3,HIGH);
digitalWrite(ledVel4,LOW);
digitalWrite(ledVel5,LOW);

//Move os motores
if(pinBotaoRetencao()){
    mTerra.setSpeed(6);
    mLua.setSpeed(6);

    for(int i=1;i<6;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}
}

void velocidade4(){
    //Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,LOW);
    digitalWrite(ledVel2,LOW);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,HIGH);
    digitalWrite(ledVel5,LOW);

    //Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(9);
        mLua.setSpeed(9);
    }
}

```

```

    for(int i=1;i<5;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}
}
void velocidade5(){
    //Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,LOW);
    digitalWrite(ledVel2,LOW);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,HIGH);

    //Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(11);
        mLua.setSpeed(11);

        for(int i=1;i<5;i++){
            mTerra.step((sentido)*2);
            mLua.step((sentido)*1);
        }
        mTerra.step((sentido)*1);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
}
//Função para a retenção do botão Start-Stop

```

```

bool pinBotaoRetencao() {
    #define tempoDebounce 50 //(tempo para eliminar o efeito Bounce EM
MILISEGUNDOS)

    bool estadoBotao;
    static bool estadoBotaoAnt;
    static bool estadoRet = true;
    static unsigned long delayBotao = 0;

    if ( ( millis() - delayBotao ) > tempoDebounce ) {
        estadoBotao = digitalRead(btnStartStop);
        if ( estadoBotao && (estadoBotao != estadoBotaoAnt) ) {
            estadoRet = !estadoRet;
            delayBotao = millis();
        }
        estadoBotaoAnt = estadoBotao;
    }
    return estadoRet;
}

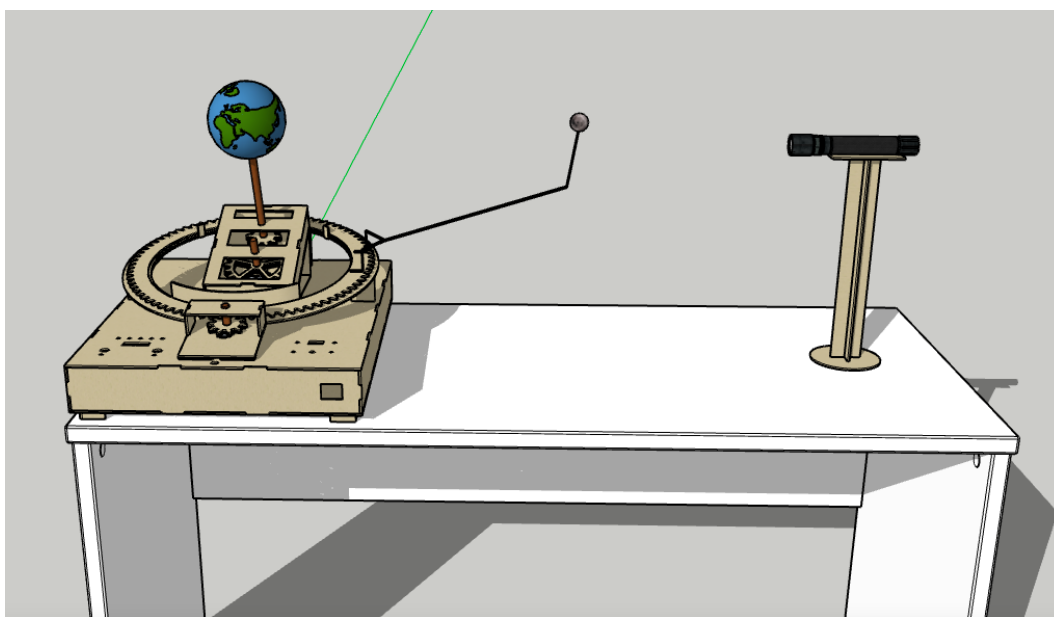
```

## A.4 Plano de aula

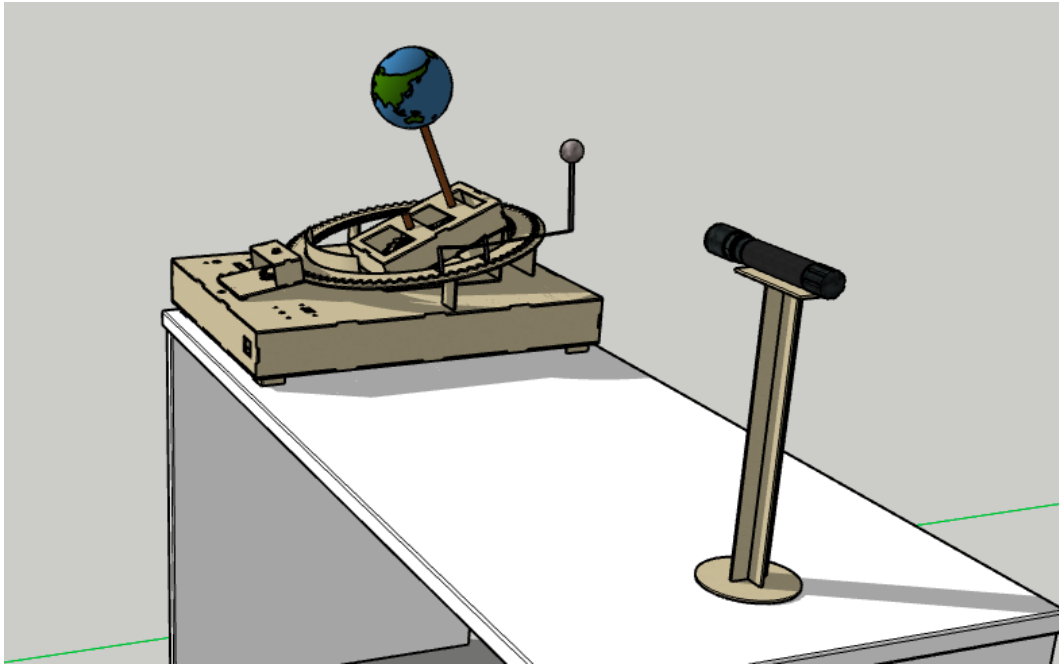
Neste capítulo são apresentados todos os passos planejados para a apresentação deste material. Os slides e questionários usados seguem nos próximos capítulos.

### A.4.1 Preparação e Calibração

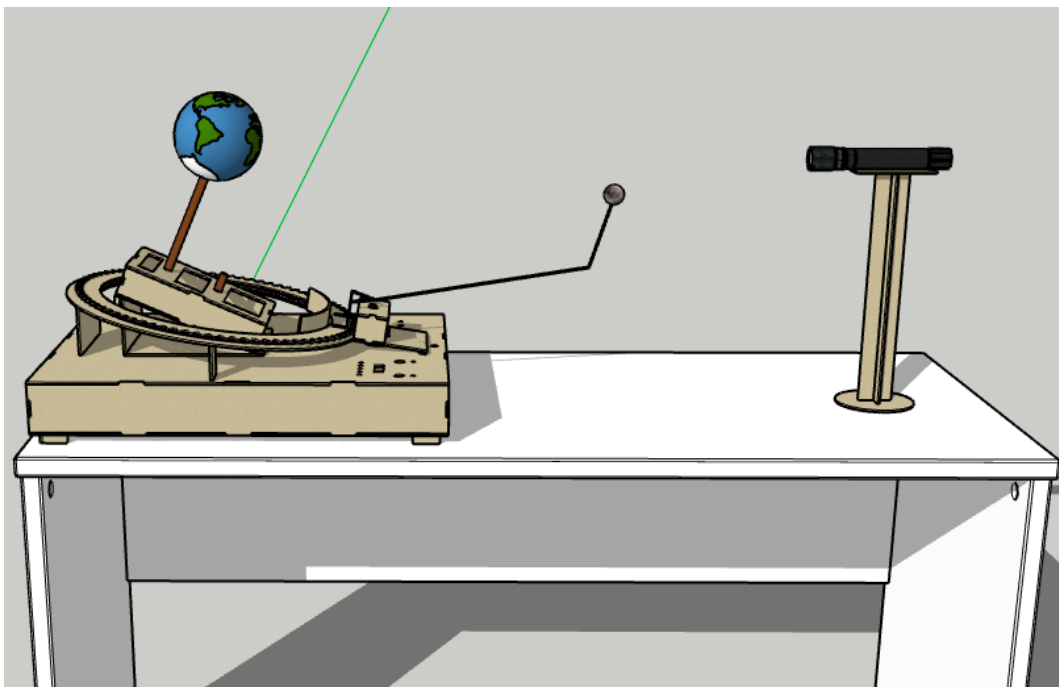
Recomenda-se chegar à sala de aula, se possível, com uma antecedência de pelo menos 15 minutos para conectar o projetor de slides, posicionar o modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua sobre uma mesa e executar alguns testes. Caso não haja uma mesa grande o suficiente, é possível usar mais de uma, sendo todas de mesma altura. Para a calibração é preciso posicionar o modelo de acordo com as Figuras A59 e A60. Esta posição descrita simula o Sol situado sobre a Linha dos Nodos com a Lua na Fase Nova. Deve-se forçar o arame suavemente até gerar a simulação de um eclipse Solar, ou seja, projetar a sombra do modelo da Lua sobre o modelo da Terra. A calibração estará concluída após este passo, não se deve mais tocar no arame para que ele não se deforme. Agora posiciona-se o sistema de acordo com a Figura A61 para iniciar a aula. Nesta posição simula-se a fase Nova da Lua sem que haja eclipse.



*Figura A59: Visão lateral da posição de calibração*



*Figura A60: Visão oblíqua da posição de calibração.*



*Figura A61: Sistema em posição para o início da aula. Ele simula a fase Nova da Lua sem que haja eclipse*

Ainda antes de iniciar a aula, o Slide número 1 já deve estar projetado na parede e os dois formulários já precisam estar impressos e à disposição. Após se estabelecer uma ordem na sala de aula e os alunos estarem em seus lugares, o primeiro formulário deve

ser distribuído. É importante ressaltar que este primeiro formulário não vale nenhuma pontuação. Serve apenas para avaliar o conhecimento prévio dos alunos. Não deve ser dito que há um segundo formulário.

Após a devolução do primeiro formulário e antes de iniciar a aula propriamente, é importante afirmar que o tamanho do modelo da Lua está aproximadamente em escala com relação ao da Terra contudo a distância entre eles não está. Pode ser válido discutir o quão distante isso seria (aproximadamente 30 vezes o diâmetro do modelo da Terra) mas que seria inviável um modelo tão grande assim para usar em sala de aula. Também é válido dizer que o Sol, representado pela lanterna e sua distância à Terra não estão em escala com relação ao tamanho do modelo da Terra pois também seria inviável.

#### **A.4.2 As fases da Lua**

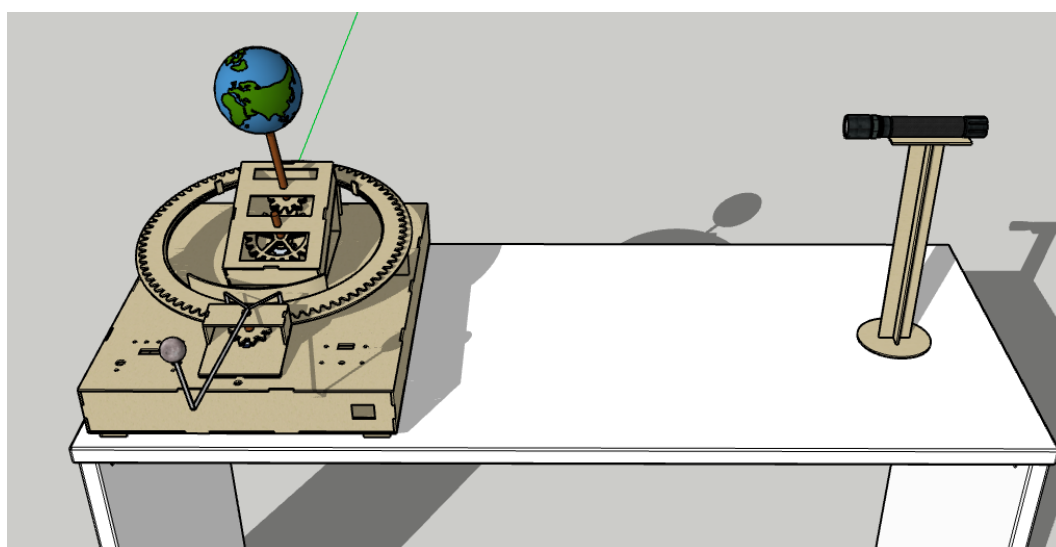
Para iniciar o estudo das fases da Lua começa-se pela fase Nova. O modelo robótico deve estar em pause e a aula começa com a turma tentando descobrir que Fase da Lua é aquela. Deve-se discutir a questão de vários pontos de vista convidando alguns alunos para caminharem ao redor do modelo. Como a Fase da Lua é definida por um observador na Terra, recomenda-se afixar um pequeno alfinete sobre a esfera de isopor que simula a Terra, para definir o referencial de um possível observador. Usando o movimento de velocidade 1 e girando o modelo da Terra sem mover mais o modelo da Lua discute-se os horários em que a Lua Nova nasce e se põe. O Slide 3 deve ser usado conforme se desenvolve essa discussão.

Voltando a mover todo o sistema em velocidade baixa pergunta-se que lado da lua vai começar a ser visível para um observador situado no polo Norte. Para isso sugere-se fincar o alfinete sobre algum lugar do norte do planeta e convida-se um aluno para olhar para a Lua a partir do ponto de vista daquele local com o sistema em pause após 2 ou 3 rotações completas do modelo da Terra. Levanta-se a questão sobre o ponto de vista de um observador no polo Sul. Os Slides 3, 4, 5, 6, 7 e 8 auxiliam na discussão. Deve-se fazer uma discussão semelhante para todas as fases da lua até o slide 21. Vale notar que os slides 18 e 19 discutem um ponto de vista na Lua olhando para a Terra. Deve-se aproveitar isso para posicionar alunos próximos do modelo da Lua para avaliar como fica o Planeta Terra visto de lá.

Após se discutir todas as fases da Lua, seus horários e pontos de vista, informa-se o tempo entre duas fases consecutivas de aproximadamente 29,5 dias. Vale a pena observar novamente uma revolução inteira do modelo da Lua em torno do modelo da Terra em velocidade 5 para se ter uma visão do que ocorre em aproximadamente um mês de observação. Observando esse movimento apresenta-se a ideia de lado próximo e lado distante. Posiciona-se a Lua em diferentes locais para que os alunos percebam esse conceito e possam ver que o lado oculto nem sempre é escuro. Os Slides 23 e 24 devem ser usados ao longo dessa discussão.

### A.4.3 Os eclipses

Apresentando para a turma o conceito de que eclipses acontecem quando há um alinhamento do sistema Terra-Sol-Lua pergunta-se por que eles não estão ocorrendo em todas as revoluções da Lua observadas até então. Com o modelo na posição de Lua Nova é provável que eles digam: “A Lua está muito baixa”. Já com o modelo na posição de Lua Cheia é provável que eles digam: “A Lua está muito alta”. É um bom momento para usar os Slides de 25 até 38 para explicar a inclinação da órbita da Lua com relação à Eclíptica e que em duas épocas do ano os eclipses são possíveis e que neste momento serão simulados no modelo. Para isso, reposicione o sistema da maneira indicada na Figura A62.



*Figura A62: Posição para dar início ao estudo dos eclipses.*



Antes de Simular um eclipse do Sol, utiliza-se os slides 39 até 43 para apresentar o conceito. Em seguida coloca-se o modelo para se mover. Quando a simulação do eclipse estiver prestes a ocorrer, pausa-se o sistema e pede-se para que todos os alunos se desloquem para um lugar onde se possa ver a sombra do modelo da Lua se projetando sobre o modelo da Terra. A partir daí, reinicia-se o movimento em velocidade 1 para a observação detalhada. É interessante mover o sistema no sentido inverso para ver e rever o processo sobre vários pontos de vista diferentes. Em seguida se utiliza os slides 44 e 45 para a apresentação do eclipse da Lua e se observa o modelo robótico em velocidade lenta de maneira semelhante ao eclipse anterior.

#### **A.4.4 Finalização**

No final deve-se conduzir a aula a um momento de debate com relação ao que foi visto, discutir as dúvidas que surgiram e, finalmente, distribuir o segundo formulário. Informa-se aos alunos que este é idêntico ao primeiro, mas com apenas uma pesquisa de opinião na questão de número 7. Caso este trabalho esteja associado a composição de uma nota, recomenda-se atribuir uma pontuação apenas para o segundo teste sem considerar a questão 7.

## A.5 Slides

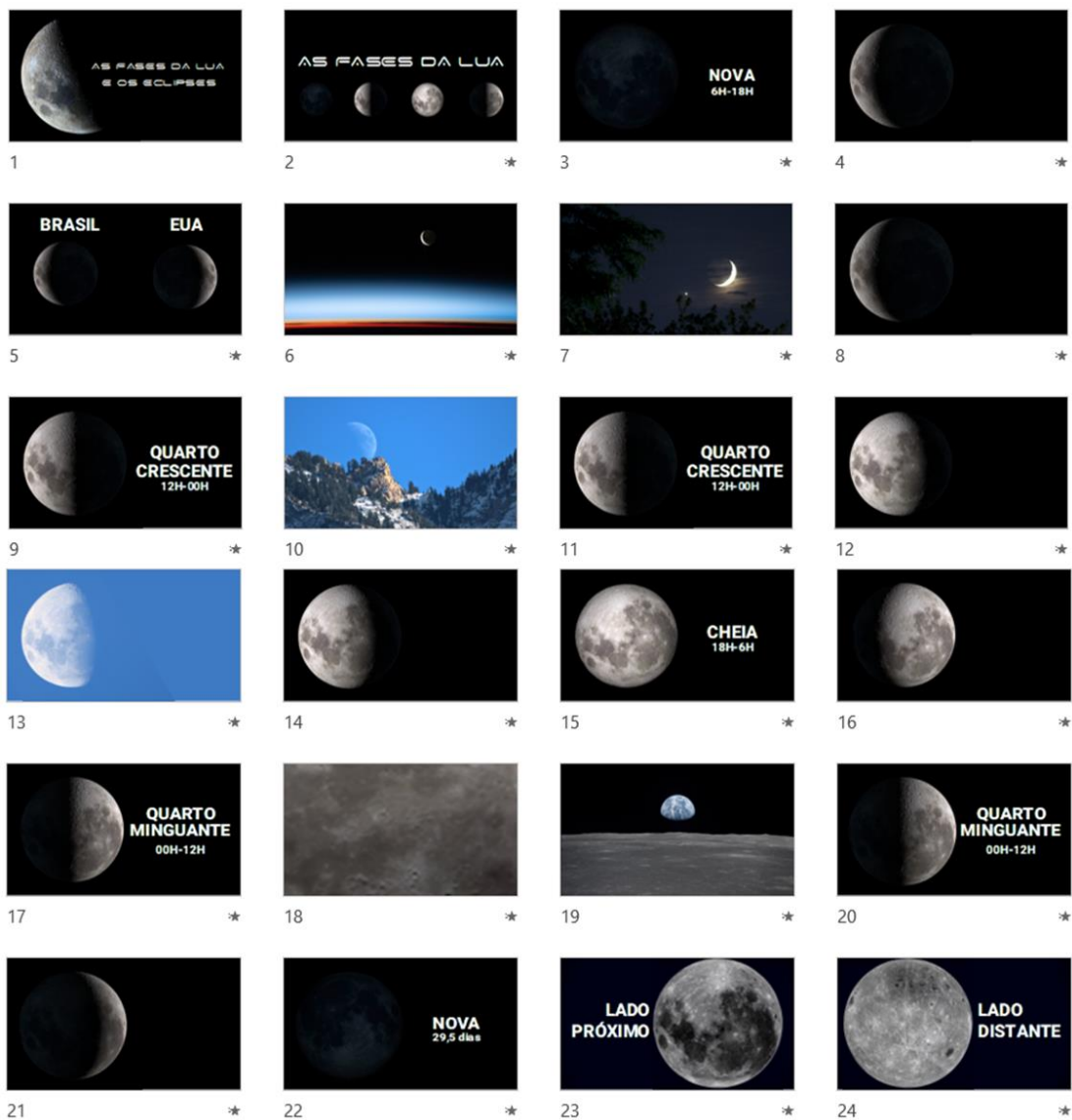
Para a apresentação desta aula foi utilizada uma apresentação contendo 45 slides que se encontra nos links a seguir e representados nas Figuras A62 e A63:

- Slides em PPT (para Microsoft PowerPoint):

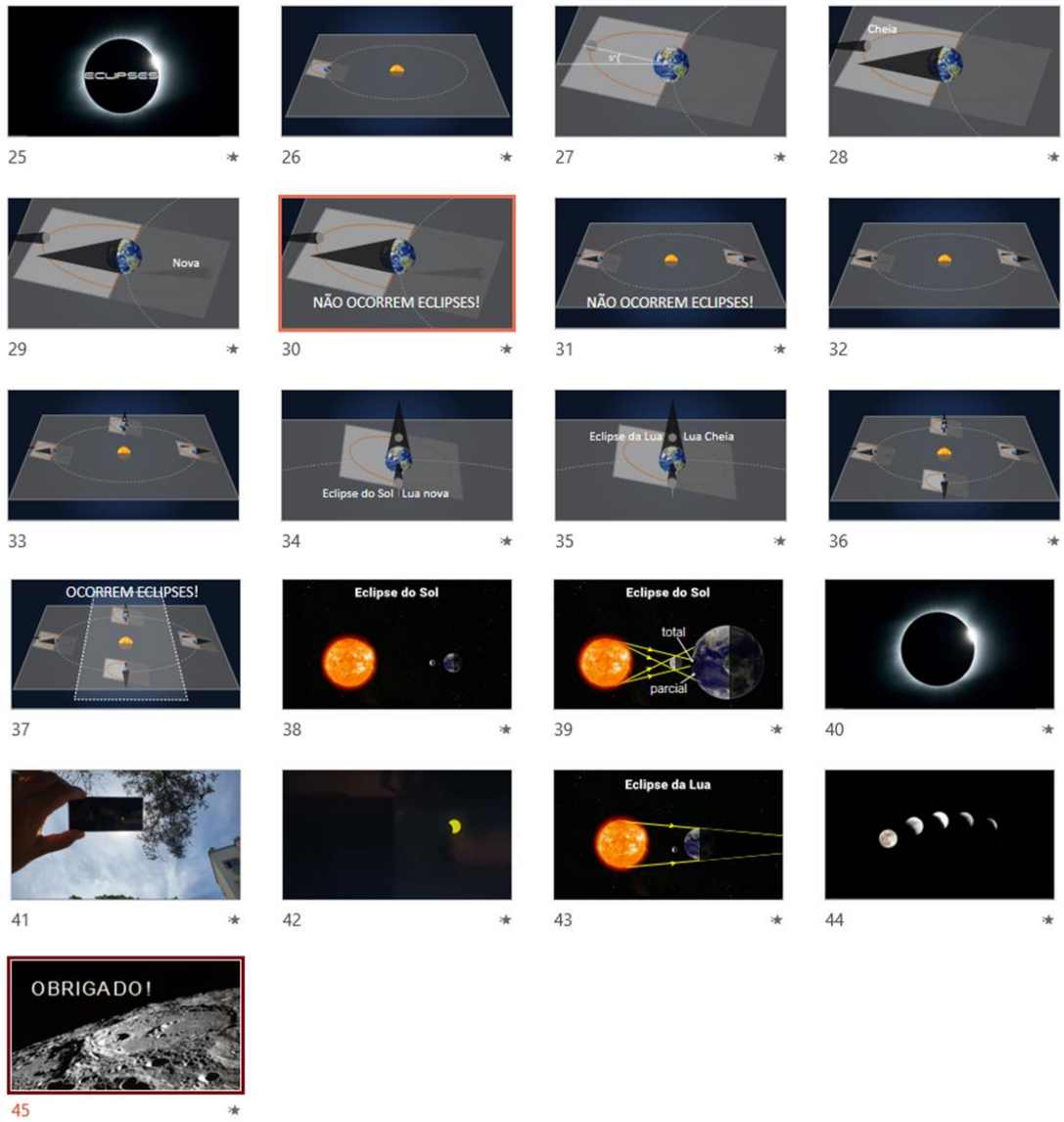
[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/Slides\\_aula.ppt](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Slides_aula.ppt)

- Slides em PDF:

[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/Slides\\_aula.pdf](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Slides_aula.pdf)



*Figura A62: Slides de 1 a 24*



*Figura A63: Slides de 25 a 45*

## A.6 Questionários

Para a apresentação desta aula foram utilizados os dois questionários que se encontram no link a seguir:

- Questionários em docx (Microsoft Word):

*[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/questionarios.docx](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/questionarios.docx)*

- Questionários em PDF:

*[http://pef.if.ufrj.br/producao\\_academica/dissertacoes/2024\\_Vinicius\\_Silveira/questionarios.pdf](http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/questionarios.pdf)*

Nas próximas páginas há uma cópia dos questionários do pré-teste e do pós-teste.

### Pré-teste

01. As fases da Lua estão representadas nas imagens em ordem cronológica e da maneira como são vistas no céu brasileiro.



(1)



(2)



(3)



(4)

Complete as lacunas com a numeração correspondente a cada fase:

- Cheia: \_\_\_\_

- Nova: \_\_\_\_

- Quarto crescente: \_\_\_\_

- Quarto minguante: \_\_\_\_

02. Qual fase da Lua será vista no Brasil no dia em que ela estiver em fase cheia no Japão?

\_\_\_\_\_

03. Em algum momento é possível ver a Lua no céu ao meio-dia?

( ) Sim

( ) Não

04. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse do Sol?

( ) Cheia ( ) Nova ( ) Quarto minguante ( ) Quarto crescente ( ) Qualquer fase

05. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse da Lua?

( ) Cheia ( ) Nova ( ) Quarto minguante ( ) Quarto crescente ( ) Qualquer fase

06. Se a Lua completa aproximadamente uma volta na Terra a cada mês, por que não observamos eclipses em todos os meses?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Pós-teste**

01. As fases da Lua estão representadas nas imagens em ordem cronológica e da maneira como são vistas no céu brasileiro.



(1)



(2)



(3)



(4)

Complete as lacunas com a numeração correspondente a cada fase:

- Cheia: \_\_\_\_

- Nova: \_\_\_\_

- Quarto crescente: \_\_\_\_

- Quarto minguante: \_\_\_\_

02. Qual fase da Lua será vista no Brasil no dia em que ela estiver em fase cheia no Japão?

\_\_\_\_\_

03. Em algum momento é possível ver a Lua no céu ao meio-dia?

( ) Sim

( ) Não

04. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse do Sol?

( ) Cheia ( ) Nova ( ) Quarto minguante ( ) Quarto crescente ( ) Qualquer fase

05. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse da Lua?

( ) Cheia ( ) Nova ( ) Quarto minguante ( ) Quarto crescente ( ) Qualquer fase

06. Se a Lua completa aproximadamente uma volta na Terra a cada mês, por que não observamos eclipses em todos os meses?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

07. Numa escala de 0 a 10, o quanto você achou relevante a utilização da maquete na compreensão dos fenômenos apresentados?

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

## **A.7 Considerações Finais**

O desenvolvimento deste material instrucional foi direcionado para fornecer aos professores um guia prático e inovador para o ensino das fases da Lua e dos eclipses. Pela utilização do modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua, foi proposta uma abordagem didática que tem como objetivo alcançar uma maior interatividade e compreensão dos fenômenos astronômicos por parte dos alunos. É esperado que, ao serem adotadas tais práticas em sala de aula, uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente seja proporcionada aos alunos. As diretrizes e recomendações contidas neste guia foram desenvolvidas visando otimizar o uso do modelo robótico, explorando suas potencialidades didáticas. Adicionalmente, os questionários que foram incorporados ao material têm como objetivo avaliar o entendimento dos alunos antes e após a exposição do conteúdo, atuando como um instrumento valioso para a avaliação da eficácia do método sugerido. Há uma esperança de que este guia possa ser utilizado como uma ferramenta importante para os educadores, auxiliando na promoção de aulas mais dinâmicas e efetivas no ensino da astronomia.

