



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



## **O Grande Inventor (Manual do Professor)**

Otávio Fossa de Almeida

Material instrucional associado à dissertação de mestrado intitulada “Jogo educacional para o ensino básico de Relatividade Galileana”, orientada por Penha Maria Cardozo Dias e Antônio Carlos Fontes dos Santos e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro  
Outubro de 2016

**O Grande Inventor** é um jogo didático para *Windows* e *OS X* com a finalidade de servir como pré-instrução para os conceitos fundamentais da Relatividade do Movimento Clássica e pode ser obtido gratuitamente em <http://www.if.ufrj.br/~otavio/game/>. Os requisitos mínimo do sistema para executar o *software* são:

Sistema Operacional: Windows 7 64x ou superior. OS X 10.11 El Capitan ou superior.

Processador: Intel/AMD 1.1 GHz (se tiver *turbo boost*) ou superior.

Memória Ram: 4 GB ou superior (recomenda-se acima de 8 GB).

Placa de Vídeo: Intel HD Graphics 5300, ou compatível ou superior.

Espaço em Disco: 5 GB.

Esse jogo é constituído de quatro cenas, sendo que a primeira é introdutória e as demais abordam respectivamente os seguintes motivadores para o desenvolvimento da ciência:

- A aplicação técnica para fins econômicos, que é um forte fator para que a iniciativa privada e o poder público invistam na pesquisa científica.
- A aplicação técnica para fins bélicos, que é um fator estratégico para esse investimento, principalmente do poder público.
- A pesquisa pura com a finalidade em si mesma, baseada no esforço e na curiosidade inerente a cada cientista para compreender o funcionamento do Universo.

A trama se desenrola em um mundo fictício, onde se localiza o *Reino de Lindomar*. Nesse reino de fantasia, o personagem principal, ou *avatar*, ocupa o cargo de *Inventor-mor*, que é uma espécie de conselheiro científico do rei *Amado III Vela-Negra*, “o carismático”. Apesar do contexto sócio-político-econômico do jogo conspirar para o objetivo proposto de ensino de relatividade do movimento, a narrativa do jogo é inspirada em situações

históricas reais e sua natureza é regida pelas mesmas leis que a natureza do mundo real. Assim, *Lindomar* é um reino situado no hemisfério sul de um mundo, chamado de *Grande Mar*, com geografia própria, em um período histórico inspirado principalmente na Renascença. Mais ainda, esse mundo fictício substitui a Terra em sua localização no Sistema Solar, possuindo, portanto, as mesmas características astronômicas do nosso planeta.

Ao final da atividade, o professor poderá solicitar ao estudante que lhe envie o arquivo de registro de “campanha” situado na subpasta *Campaign\_Log*. Esse arquivo contém uma descrição detalhada das respostas dadas pelo aluno durante as avaliações feitas pelo jogo, além de outras informações relevantes, e se encontram no arquivo *avatar\_name\_log.txt*. Reunidas tais informações, cabe ao docente escolher a melhor maneira de efetuar a instrução formal em sala de aula.

Abaixo, segue uma descrição mais aprofundada sobre o enredo, sobre as avaliações e sobre suas possibilidades de resposta.

## 1 Cena 0

A Cena 0 do jogo é uma introdução a esse mundo fictício e serve como um breve tutorial, contando um pouco da história do reino, sua economia e sua cultura, inclusive a religião. Nessa cena o jogador-aluno escolhe o nome de seu *avatar* e dá características ao personagem, que ficam registrados em sua *Ficha* e são usadas como parâmetros durante o jogo.

O reino de *Lindomar*, como mostra a Figura 1, surgiu como uma colônia de um povo comerciante e de poder descentralizado, os *caboclos*, que se espalharam ao longo de séculos ao redor do agitado e tempestuoso *Mar das Tormentas*. O nome do reino, por sinal, advém das atípicas águas tranquilas do *Golfo Azul*, uma região cercada por uma cordilheira vulcânica, as *Montanhas Estrondosas*, e ligada ao *Mar das Tormentas* pelo *Estreito Raso*, este com cerca de 10 km de uma margem à outra.

Por uma questão de defesa, os *caboclos* escolheram uma ilha não muito longe da costa para fundar sua colônia, formada por um vulcão extinto. A



Fig. 1: Mapa do *Reino de Lindomar* e suas principais cidades.

cidade fundada ali foi chamada de a *Cidade do Rochedo*, ou simplesmente o *Rochedo*. Com o passar dos séculos, a colônia prosperou e se espalhou por todo o *Golfo Azul*, transformando *Rochedo* em sua capital.

A riqueza gerada pelo comércio local fortaleceu o poder dos chefes da colônia, que passaram a se autoproclamar reis de *Lindomar*. O primeiro rei foi *Coral I*, “o pioneiro”, conhecido pelas singulares velas negras de seu navio. Seus descendentes mantiveram o hábito e o transformaram em tradição, sendo conhecidos, assim, pelo sobrenome de *Vela-Negra*.

Apesar de ter se tornado um reino, a sociedade de *Lindomar* não é muito segmentada, mesmo que o comércio tenha tornado alguns mais ricos que outros. De modo geral, pela grande prosperidade da região, até os mais pobres conseguem um padrão confortável de vida. Além de ser um grande entreposto comercial, o reino também é conhecido pela extração de minerais e pedras preciosas e pela criação de gado.

A religiosidade é forte entre os *caboclos*, mas a religião é “horizontal”, ou seja, sem uma centralização do poder religioso. Dos deuses de seu panteão, os mais venerados são o deus *Sol*, a deusa *Lua* e o deus *Mar*. O primeiro

é considerado o pai de todos os deuses e está associado ao tempo, pois é a partir de seu movimento que são calibrados os relógios e é feito o calendário. A segunda é considerada a mãe dos deuses e está associada à dança do mundo, pois os *caboclos* já sabiam que é ela quem principalmente rege as marés. Já o terceiro é o próprio mundo, é o *Grande Mar*, enquanto que a terra e o ar foram criados por ele para testar muitos de seus filhos. Assim, os ritos fúnebres dos *caboclos* incluem o rito de “*Retorno ao Mar*”, sendo o sepultamento em terra visto como a maior punição que uma pessoa pode receber.

Os sacerdotes solares são chamados de *Pais*, e seu líder atual é o *Venerável-Pai Domingos de Alvorada*. As sacerdotisas lunares são chamadas de *Mães* e sua líder atual é a *Venerável-Mãe Clara de Pedra Branca*. Finalmente, os sacerdotes do *Mar* são chamados de *Marinheiros*, e seu líder atual é o *Venerável-Marinheiro Ondino de Canoas*.

O jogo começa no ano de 932, contados a partir da fundação da *Cidade do Rochedo*, com o *avatar* de férias no norte do reino, quando é surpreendido por uma carta. Nela, nosso personagem é chamado pelo rei às pressas à capital, mas sem que o motivo seja previamente revelado.

Nesse ponto, o jogador tem a opção de visitar seu velho mestre, *Mentor das Leis*, o “três vezes sábio”, antes ou depois de se encontrar com o monarca. Esse diálogo serve como primeira avaliação formal, de caráter diagnóstico, e é baseado no questionário abaixo.

### Questionário 1

**Situação 1.** Uma pessoa se move com sua carroça em um trecho reto, sem declives e sem muitas irregularidades no chão de uma estrada de terra, quando passa por um conhecido que está parado e em pé à margem dessa estrada. É correto afirmar que:

- (a) É óbvio que essa pessoa está sempre em movimento e seu conhecido está sempre parado.
- (b) Depende do ponto de vista, pois a pessoa se sente parada, enquanto vê seu conhecido em movimento.

- (c) A pessoa está parada em relação à carroça, por exemplo, mas em movimento em relação ao chão.
- (d) Tanto faz quem está em movimento, já que nunca é possível distinguir se algo se movimenta ou não.

**Situação 2.** Em uma casa, um copo com água repousa sobre a mesa. É correto afirmar que:

- (a) O copo só está em repouso em relação à mesa, por exemplo, ou em relação à própria casa.
- (b) Dependendo de quem olha (uma pessoa passando correndo ao lado dele, por exemplo), o copo pode parecer em movimento.
- (c) Se o copo está parado ou não, isso nunca vai chacoalhar a água dentro dele.
- (d) O copo está sempre parado, independente de quem olha para ele ou de qualquer outra coisa.

**Situação 3.** Em uma casa, uma pessoa está sentado em uma cadeira conversando com uma outra. É correto afirmar que:

- (a) A primeira pessoa está parada como um todo apenas aos olhos da segunda, mesmo que seus braços se mexam, que esteja respirando, que seu coração esteja batendo, etc.
- (b) A primeira pessoa está parada como um todo, independente se seus braços se mexem, se está respirando, se seu coração está batendo, etc.
- (c) Perguntar se a primeira pessoa está parada como um todo é irrelevante, pois ela não sentiria se estivesse em movimento.
- (d) A primeira pessoa está parada como um todo em relação à cadeira, por exemplo, independente se seus braços se mexem, se está respirando, se seu coração está batendo, etc.

**Situação 4.** Duas pessoas estão no castelo de popa de um navio que navega em linha reta, com velocidade constante e em águas muito calmas. Um copo d'água sobre a mesa é alçado por uma das pessoas e, logo em seguida, abandonado de uma determinada altura, caindo finalmente sobre o piso de madeira. É correto afirmar que:

- (a) Como o navio se move para “frente”, o copo cai mais para “atrás” de sua posição inicial.
- (b) Como o copo se move junto com o navio, ele cai perpendicularmente ao piso.
- (c) As pessoas veem a queda do copo de modo perpendicular ao piso, uma vez que se movem para “frente” junto com ele.
- (d) A queda do copo deve ser descrita matematicamente de maneira similar, independente se o navio muda seu movimento e passa a acelerar, a freiar ou a fazer curva.

**Situação 5.** Uma pessoa observa o pôr do sol por uma janela de uma casa. É correto afirmar:

- (a) As montanhas que ela vê no horizonte podem ser consideradas paradas, enquanto o Sol pode ser considerado em movimento dependendo do que se toma como referência.
- (b) Não importa se é o Sol que se move ou é o nosso mundo, pois seria impossível perceber quem se move ao redor de quem.
- (c) Nosso mundo está invariavelmente parado e é o Sol que se move ao seu redor.
- (d) O Sol parece se mover porque a pessoa o está mirando daqui do nosso mundo. E é só “impressão” dela.

## 2 Cena 1

A Cena 1 é a cena principal do jogo, já que tem por objetivo mostrar que o movimento e o repouso são estados dos corpos, e não características intrínsecas a eles. Essa cena tem como pano de fundo um tema de Ciência aplicada para fins econômicos, pois a motivação é decidir se um navio comercial está em movimento ou em repouso em alto mar. A cena pretende mostrar ao jogador-aluno:

- Que o movimento e o repouso não são características absolutas dos corpos.
- Que, na ausência de pontos de referência, não é possível saber se o barco está em movimento retilíneo e uniforme ou em repouso.

Após séculos de navegações, os *caboclos* descobriram que as correntes marítimas que fluem na superfície do oceano funcionam como a correnteza de um rio, levando os navios de um ponto a outro sem grande esforço. Também descobriram que o *Mar das Tormentas* é atravessado por uma grande corrente de águas quentes, que normalmente é superficial, que poderia ser usada para a navegação de *Lindomar* até o *Império dos Cinco*, a mais poderosa civilização conhecida na atualidade.

Infelizmente, a descoberta dessa corrente quente ocorreu da forma mais penosa possível, a partir de relatos de marinheiros que, após o naufrágio de suas embarcações e de dias à deriva agarrados aos destroços, chegaram milagrosamente à costa do *Império dos Cinco*.

No entanto, encontrá-la não é tarefa muito fácil. Por passar a uma distância considerável da costa e as condições climáticas do mar não serem muito favoráveis, seu uso é quase inviável economicamente. Perder-se em alto mar é praticamente uma sentença de morte e de perda de mercadorias, então é mais seguro fazer um caminho para o Sul, margeando o litoral, mesmo que o trajeto seja muitíssimo mais longo e demorado, além de ser muito mais oneroso financeiramente. A Figura 2 mostra a rota de comércio entre *Lindomar* e o *Império dos Cinco*.



Fig. 2: A rota de comércio entre *Lindomar* e a *Cidade do Leste*, capital do *Império dos Cinco*.

Dessa forma, preocupado em melhorar a eficiência do comércio marítimo de *Lindomar*, principal fonte de renda do reino, o rei *Amado III* pediu ao *Navegante-mor Leal de Cantão*, o conselheiro real responsável pelas finanças, que tentasse encontrar com segurança a tal corrente. Como *Leal* argumentou que essa era uma tarefa além de seus conhecimentos técnicos, o monarca, então, decidiu chamar o *Inventor-mor* de volta de suas férias para ajudar na tarefa.

Ao chegar perante o rei, o monarca ordena ao *avatar* que procure *Leal* para debater o problema da navegação no *Mar das Tormentas*, a descoberta da corrente quente que se move em direção ao *Império dos Cinco*, a importância de seu uso para a navegação e como ela poderia ser usada para aumentar os lucros do comércio marítimo.

Se, em um primeira ramificação da cena, o jogador-aluno acreditar que o movimento e o repouso são características inerentes aos corpos, assim como Aristóteles propunha a existência de movimentos naturais e violentos, os eventos do jogo se desenrolam da seguinte maneira: o *avatar* deixa o *Conselho*

da *Navegação*, onde trabalha *Leal*, e vai para seu gabinete no *Conselho de Invenções*, onde deve fazer uma pesquisa em sua biblioteca pessoal para propor como encontrar a corrente. Essa pesquisa sobre um método para saber se um navio está em movimento em alto mar e para onde é este movimento não é trivial, principalmente se a embarcação está à deriva. Nesse caso, com as velas recolhidas, com a quilha sem “cortar a água” e com água até onde a vista alcança é muito difícil saber se o navio está em movimento ou não.<sup>12</sup>

Como a biblioteca pessoal do *avatar* não possui informação suficiente para ajudar na solução do problema, ele decide ir à *Biblioteca Real* para buscar livros especializados, que têm a função, inclusive, de explicar os termos náuticos específicos. Lá, descobre que os principais métodos usados pelos marinheiros para medir o movimento dos navios são a contagem dos nós de uma corda tensionada e a determinação da posição das estrelas, o que permite medir a latitude em que se encontra o navio, noite após noite. Essa pesquisa tem a função de avaliação formativa.

Nesta avaliação, o *avatar* não é punido por uma escolha inicial incorreta, já que cogitar não é publicar, mas faz com que o personagem ganhe um emblema. Se o jogador-aluno insistir muito no método da contagem de nós na corda, o *avatar* ganha o emblema de “**o contador de nós**”. Já se ele insistir muito no método da latitude e longitude, ganha o emblema de “**o cartógrafo**”.

Já, em uma segunda ramificação da cena, se o jogador-aluno começa esta cena com algum conhecimento de movimento e repouso relativos, a ordem dos eventos do jogo se altera. Neste caso, o *game* leva o jogador-aluno a pesquisar em sua biblioteca pessoal sobre a construção de termômetros, mas sem muita profundidade, para medir a variação da temperatura do *Mar das Tormentas* e encontrar, assim, a famigerada corrente quente. Sem grandes avanços, o *Inventor-mor* manda uma carta a *Leal* marcando um encontro para debaterem o assunto.

Essa pesquisa tem a função de avaliação formativa seguindo o mesmo

---

<sup>1</sup>A quilha de um navio veleiro é considerada a “espinha dorsal” do casco e é onde se pregam as tábuas da carena (parte submersa do casco) e do costado (parte emersa).

<sup>2</sup>O termo “cortar a água” é usado para descrever o efeito da passagem da quilha pela água, enquanto a embarcação navega.

esquema da ramificação anterior. No entanto, se o jogador-aluno se der por satisfeito com a ideia dos termômetros, ele ganha o emblema de “**o termólogo**”, caso contrário, ganha o emblema de “**o pesquisador I**”.

Em ambas as ramificações, ele encontra nessa pesquisa os trabalhos de uma das mais famosas sábias mestres do reino, *Graça da Hora*, que propõem que uma bola de ferro (uma bala de canhão, por exemplo) solta do cesto de gávea<sup>3</sup> de um navio, que navega no sentido a qual aponta sua proa,<sup>4</sup> tende a cair no sentido da popa.<sup>5</sup> Segundo ela, quanto mais rápido for esse movimento, mais distante da enora<sup>6</sup> do mastro de gávea no sentido da popa vai cair essa bola. No geral, a conclusão de *Graça* é que o corpo sempre é visto cair em sentido oposto ao movimento do barco.

Com isso, o *avatar* manda uma carta a *Leal* marcando um encontro para maiores explicações. Esses diálogos, um para cada ramificação da cena, servem como segunda avaliação formal, dessa vez de caráter somativo, e são inspirados no questionário abaixo.

## Questionário 2

**Situação 1.** Em alto mar, um navio está à deriva. As velas estão recolhidas, a quilha não “corta a água” e só existe água até onde a vista alcança.<sup>78</sup> Nessas condições, como os marinheiros sabem que estão parados ou sendo levados por uma corrente marítima?

- (a) Eles estão invariavelmente parados, já que o movimento pode ser facilmente percebido.
- (b) Em princípio, não tem como saber. Seriam necessários vários dias observando a posição das estrelas ou, se tiverem sorte, finalmente avistarem terra.

---

<sup>3</sup>Cesto de gávea é cesto de observação situado no mastro mais alto do navio, o mastro de gávea.

<sup>4</sup>Proa é parte frontal de uma embarcação

<sup>5</sup>Popa é a parte traseira de uma embarcação

<sup>6</sup>Enora é a abertura no convés por onde passa o mastro.

<sup>7</sup>A quilha de um navio veleiro é considerada a “espinha dorsal” do casco e é onde se pregam as tábuas da carena (parte submersa do casco) e do costado (parte emersa).

<sup>8</sup>O termo “cortar a água” é usado para descrever o efeito da passagem da quilha pela água, enquanto a embarcação navega.

**Situação 2.** Se uma pessoa abandonar um corpo enquanto anda em linha reta e com rapidez constante, é correto afirmar que:

- (a) O corpo vai cair lado a lado como se ela estivesse parada.
- (b) O corpo vai ficar para “trás” enquanto ela prossegue seu movimento.
- (c) O corpo vai ser lançado para “frente”.

**Situação 3.** Um marinheiro abandona uma bola de ferro (um projétil de artilharia, por exemplo) do cesto de gávea de um navio que navega para “frente”, com velocidade constante e em linha reta. Nessas condições, é correto afirmar que:

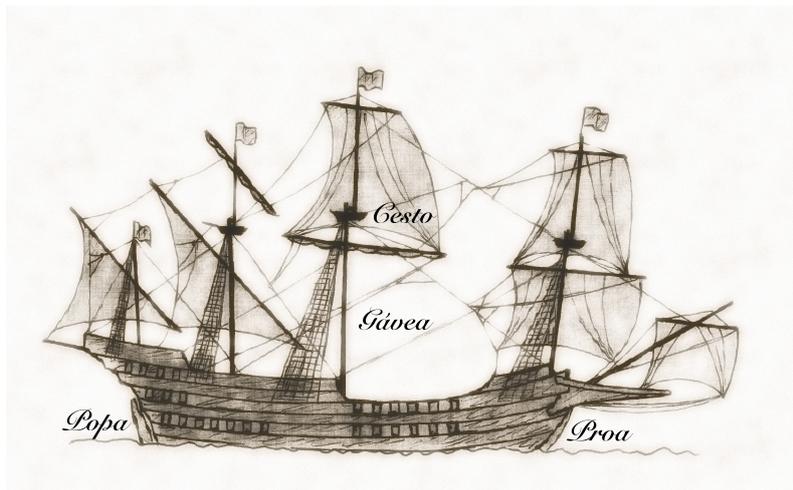


Fig. 3: Um veleiro e alguns de seus elementos mais básicos.

- (a) Ela vai cair no sentido da popa desse navio.
- (b) Ela vai cair no sentido da proa desse navio.
- (c) Ela sempre vai cair próximo à enora do mastro como se o navio estivesse parado.

**Situação 4.** E se, agora, o navio estiver sendo arrastado por uma corrente marítima em uma direção desconhecida, para onde vai cair a bola de ferro?

- (a) Ela vai continuar se movendo no sentido da popa.
- (b) Ela vai continuar caindo próximo à enora do mastro.
- (c) Ela vai se mover no sentido oposto ao movimento do navio.

\* \* \*

Voltando à primeira ramificação da cena, após o encontro, o *Navegante-mor*, satisfeito com a explicação intuitiva do *Inventor-mor* e baseando-se na autoridade intelectual da falecida *Graça*, ordena uma expedição em busca da famigerada corrente.

Passadas algumas semanas, a expedição retorna em desalento ao *Rochedo*. Não só o método proposto pelo *avatar* não funcionou, como a corrente não foi encontrada e a expedição foi pega por uma tempestade, perdendo um de seus cinco navios e matando dezenas de marinheiros.

Em vista do ocorrido, o *Inventor-mor* decide verificar experimentalmente se a proposta de *Graça* realmente não funciona ou se os marinheiros da expedição erraram em algo e, por isso, não encontraram a corrente. Desse modo, o *avatar* e *Leal* vão juntos ao maior rio do reino, o *Rio Grande*, para testar o procedimento em segurança em sua correnteza.

Esse experimento consiste em uma embarcação simples a remo, com um único mastro, que é arrastada pela correnteza praticamente constante do caudaloso rio. O movimento do barco pode ser atestado imediatamente pela observação da margem, o que é uma vantagem em relação ao experimento feito em alto mar, pois o uso de estrelas como referência não é uma tarefa fácil ou rápida. Também, há patamares a diferentes alturas no mastro, permitindo abandonar corpos com tempos de queda diferentes.

O resultado desse experimento é que o procedimento proposto por *Graça* não funciona e que a bola de ferro solta do topo do mastro vai cair sempre junto à sua enora, o que é contraintuitivo. Com isso, o *avatar* é levado a contestar a ideia de movimento e repouso absolutos, já que o resultado leva à conclusão de que a queda do objeto se comporta como se o barco estivesse parado.

Já na segunda ramificação, o *avatar* responde que o método provavelmente não vai funcionar e tenta fazer uma argumentação contrária, mas sem sucesso. Após o encontro, *Leal* ordena apressadamente uma expedição em busca da famigerada corrente. Enquanto essa expedição se desenrola, o *avatar* resolve oferecer provas contundentes de seus argumentos. Desse modo, ele convida *Leal* para uma demonstração experimental, usando a correnteza do *Rio Grande*, do porquê a hipótese proposta pela senhora *Graça* não funciona.

O experimento que se segue é similar ao já descrito no caso anterior, mas agora o *avatar* terá que explicar para o *Navegante-mor* que a bola de ferro caindo do topo do mastro irá se comportar como se o barco estivesse parado e que, sem um ponto de referência, não seria possível saber se o barco estaria em repouso ou em movimento.

Pouco depois do experimento do *Rio Grande* demonstrar que a tal proposta não é válida, a expedição enviada por *Leal* retorna em desalento ao *Rochedo*. A corrente não só não foi encontrada, como já era de se esperar, como a expedição foi pega por uma tempestade, perdendo um de seus 5 navios.

Em ambas as ramificações da cena, esse segundo diálogo com *Leal* serve como terceira avaliação formal, de caráter somativo, e é baseada no questionário abaixo.

### Questionário 3

**Situação 1.** Um marinheiro abandona uma bola de ferro (um projétil de artilharia, por exemplo) do topo de um dos mastros de um navio que navega para “frente”, com velocidade constante e em linha reta. Nessas condições, é correto afirmar que:

- (a) Ela vai cair no sentido da popa desse navio.
- (b) Ela vai cair próximo à enora do mastro como se o navio estivesse parado.

**Situação 2.** O que acontece se o navio estiver se movendo com velocidade maior que na situação anterior?

- (a) A bola vai continuar caindo próximo à enora do mastro como se o navio estivesse parado.
- (b) A bola vai cair mais longe da enora do mastro, no sentido da popa do navio.

**Situação 3.** Agora, e se aumentarmos a altura do mastro?

- (a) A bola vai cair mais longe da enora do mastro, no sentido da popa do navio.
- (b) A bola vai continuar caindo próximo à enora do mastro como se o navio estivesse parado.

**Situação 4.** Nas três situações anteriores, é possível afirmar que a bola de ferro cai se mantendo lado a lado com o mastro do navio, mesmo depois de perder o contato (direto ou indireto) com ele?

- (a) Não.
- (b) Sim.

**Situação 5.** Por que os corpos não permanecem normalmente em movimento por muito tempo?

- (a) Por causa do atrito, que os frena.
- (b) Porque a tendência deles é sempre permanecer parados.

**Situação 6.** O movimento pode ser considerado um estado, ou seja, uma característica transitória que depende do que se toma por referência ou é uma característica intrínseca, ou seja, há corpos que devem estar em repouso e corpos que devem estar em movimento por que é da natureza deles?

- (a) É um estado. Assim, o que faz um corpo em movimento parar em relação à mesma coisa que se toma por referência é o atrito.

- (b) É uma característica inerente. É natural que algo que deve estar parado permaneça parado e algo que deve se mover permaneça se movendo.

**Situação 7.** Voltando ao exemplo da bola em queda livre que também se move para “frente” junto com o navio, podemos dizer que é como se estivessem imersos em uma mesma “correnteza invisível” que os carrega lado a lado?

- (a) Não.  
(b) Sim.

\* \* \*

Também em ambas as ramificações da cena, *Leal* sugere no diálogo final com a *avatar* que existe uma espécie de “correnteza invisível”, que está além da própria correnteza do rio e que arrasta não só o navio, como também a bola de ferro que cai do topo do mastro.

Por fim, de volta ao *Rochedo*, *Leal* leva pessoalmente a notícia ao rei de que ainda não foi possível encontrar satisfatoriamente a corrente marítima e justifica o que ocorreu com a expedição.

### 3 Cena 2

Esta cena também tem como pano de fundo um tema de ciência aplicada, mas dessa vez com um viés militar, pois será estudada a composição de movimento no lançamento de projéteis. Seu objetivo é:

- Diferenciar os conceitos de observador e referencial;
- Mostrar ao jogador-aluno, se necessário, que o movimento e o repouso são relativos especificamente ao referencial.

É um dado do jogo que existem muitos casos de pirataria ao longo da movimentada rota de comércio que liga *Lindomar* ao *Império dos Cinco*, passando pelas ilhas do sul. Porém, a notícia de que tais piratas estão usando colubrinas e meia-colubrinas<sup>9</sup> embarcados para atacar navios mercantes enquanto navegavam emparelhados deixou todos espantados.

A *Marinha Real* já vinha introduzindo peças de artilharia em seus navios de guerra nos últimos 15 anos e sua eficácia foi testada com sucesso na *Batalha do Forte Branco*, em 921, que marcou oficialmente o fim da Guerra dos 10 anos. Nessa guerra, a aliança formada por *Lindomar* e pelo *Império dos Cinco* combateu o *Reino de Ilha Grande*, que tentou taxar pesadamente os navios que cruzassem suas águas.

Apesar de contar com o apoio do poderoso exército do *Império dos Cinco*, a aliança estava tendo dificuldades em vencer as defesas da capital de *Ilha Grande*, *Porto Real*, principalmente por causa do *Forte Branco*, que ficava a algumas centenas de metros do porto. Graças ao fortíssimo bombardeio naval da *Marinha Real de Lindomar*, que estava ancorada em frente à cidade, é que o fortaleza finalmente ruiu, permitindo o avanço do exército imperial.

Assim, o uso de colubrinas e meia-colubrinas embarcadas só tinha sido testado, até então, para barcos parados com alvo fixo, o que era totalmente diferente da abordagem usada pelos piratas. Esse fato deixou o rei *Amado III* preocupado, fazendo-o ordenar ao *Almirante-chefe Altivo de Estridente*, comandante da *Marinha Real*, que testasse a nova técnica e a dominasse.

Para o *avatar*, que havia demonstrado que um objeto solto ou lançado dentro de um navio se moveria como se este estivesse parado, a notícia da nova técnica usada pelos piratas não foi surpresa. Por isso, o *Inventor-mor* resolve visitar o *Almirante-chefe* com o intuito de ajudar.

Ao chegar ao gabinete do militar, desenrola-se um diálogo entre ambos. *Altivo* defende a ideia de que emparelhar os navios para disparar as meio-colubrinas não é eficiente, pois o navio inimigo se deslocaria para frente, fazendo que parte dos “tiros diretos” acertasse sua popa e a outra parte

---

<sup>9</sup>Colubrinas e meia-colubrinas são peças de artilharia, comumente de uso naval, de calibres menores que os canhões e meio-canhões.

acertasse a água.<sup>10</sup> Mais ainda, para acertar em cheio o veleiro oponente, o navio deveria virar a bombordo ou estibordo na hora do tiro de forma a apontar sua artilharia para uma posição à frente do inimigo. Esse desvio deveria ser maior quanto maior fosse a distância do oponente, o que tornaria a navegação quase impraticável.

O objetivo desse diálogo é tentar convencer o almirante de que os navios podem disparar mutuamente enquanto navegam lado a lado, sem ter que fazer desvios na hora do tiro ou sem a necessidade de qualquer outra artimanha para mirar as peças de artilharia. Como *Altivo* é um homem muito sagaz, ele entende os argumentos do *avatar* baseados no experimento feito no *Rio Grande* e o ocorrido na Cena 1, mas, por boa prudência, gostaria de ver uma demonstração real para ter certeza.

Em uma primeira ramificação da cena, caso o jogador-aluno não tenha formulado o conceito de referencial e interprete a relatividade do movimento como uma mera questão de perspectiva, o *avatar* argumenta que quem está em ambos os navios vê o projétil se mover como se a peça de artilharia estivesse parada e o alvo estivesse fixo, mas esse fenômeno depende exclusivamente do observador.

Em uma segunda ramificação, caso o jogador-aluno seja realmente consciente do conceito de referencial, o *avatar* dá a explicação mais correta a *Altivo* no diálogo.

Em ambos os casos, esse primeiro diálogo com *Altivo* serve como quarta avaliação formal, de caráter somativo e baseado no questionário abaixo.

#### Questionário 4

**Situação 1.** Se uma peça de artilharia der um “tiro direto” de um navio contra uma embarcação inimiga que está se movendo lado a lado com ele, o projétil vai acertar o alvo?

(a) Provavelmente não, pois o alvo se move para frente. O projétil vai passar atrás do navio inimigo ou, no máximo, acertar sua popa.

---

<sup>10</sup>“Tiro direto” ou “tiro tenso” é o nome dado a um disparo cuja trajetória é aproximadamente reta. As peças de artilharia, ou simplesmente peças, são caracterizadas por efetuarem esse tipo de disparo.

- (b) Provavelmente sim, pois os navios estão como se estivessem parados lado a lado.
- (c) Provavelmente não, pois o navio dá um impulso extra ao projétil que, por isso, vai passar a frente do navio inimigo.

**Situação 2.** Como seria possível, no exemplo anterior, o projétil acertar o navio inimigo, caso acerte?

- (a) É possível por uma questão de perspectiva. Do ponto de vista de quem está em qualquer um dos navios, é como se eles estivessem parados lado a lado.
- (b) É possível porque o navio artilheiro, o projétil e o navio inimigo se movem juntos para “frente”. É como se eles estivessem sendo arrastados uniformemente por uma mesma “correnteza”.

**Situação 3.** No caso de uma peça de artilharia que dispara de um navio em movimento contra um alvo fixo. Quando é preciso disparar para acertar o alvo?

- (a) Pela lógica, a peça deve disparar um pouco antes de ficar lado a lado o barco com o alvo.
- (b) Pela lógica, a peça deve disparar no momento exato em que o navio fica lado a lado com o alvo.
- (c) Pela lógica, a peça deve disparar imediatamente após o navio ficar lado a lado com o alvo.

**Situação 4.** No exemplo anterior, por que o projétil só vai acertar o alvo fixo se for disparado antes do navio ficar lado a lado com ele?

- (a) Nesse caso, apenas o navio e o projétil se movem juntos para “frente”, mesmo que este último tenha um movimento adicional para o lado. Assim, como o projétil se move simultaneamente para “frente” e para o “lado” ele precisa ser disparado antes do navio e do alvo ficarem lado a lado.

(b) Essa é uma questão simples de perspectiva. Por exemplo, quem está dentro do navio o vê parado e vê o alvo em movimento para trás. Nesse ponto de vista, é necessário disparar antes que o alvo fique lado a lado com o barco para que dê tempo do projétil chegar até ele.

\* \* \*

Como *Altivo* é um homem pragmático, o *avatar* sugere então que façam testes de tiro reais para provar sua hipótese e ambos combinam como seria essa simulação militar. Passados alguns dias, o *Inventor-mor* acompanha o almirante em um dos navios artilheiros, que tem, em um primeiro momento, por objetivo acertar um alvo que se move lado a lado consigo. Já em um segundo momento, tem por objetivo acertar um alvo fixo enquanto navega.

O resultado é que, no primeiro momento, os tiros atingem integralmente o alvo móvel. Já no segundo momento, os “tiros diretos” efetuados pelo navio no instante que ficam lado a lado com o alvo sempre atingem um ponto pouco a frente desse alvo, como era esperado pelo *avatar*.

Durante a demonstração, desenrola-se outro diálogo entre o *avatar* e *Altivo*, em que o *Almirante-chefe* pergunta ao inventor, enquanto os testes de tiro são realizados, se os disparos acertam os alvos em situações variadas, como quando as distâncias de tiro aumentam ou quando as velocidades dos navios ficam maiores.

Na primeira ramificação da cena, o personagem principal reitera sua explicação sobre o movimento e o repouso depender do observador. Nesse diálogo, o almirante comenta sobre a proposição de que o movimento dos barcos e dos projéteis é como se estivessem imersos em uma mesma “correnteza imaginária”, como havia sugerido *Leal* na cena anterior, e que a prefere em detrimento da simples ideia de perspectiva.

Na segunda ramificação da cena, o *avatar* é quem propõe ao *Almirante-chefe* que o movimento dos barcos e dos projéteis é como se estivessem imersos em uma mesma “correnteza imaginária”, surpreendendo *Altivo*. Note que, nesta ramificação, espera-se uma desenvoltura maior nas respostas do *avatar*, principalmente referente aos elementos fundamentais no estudo do

lançamento de projéteis, como, por exemplo, o alcance do tiro e a “velocidade de boca” do projétil.<sup>11</sup>

Em ambas as ramificações, esse segundo diálogo com o almirante serve como quinta avaliação formal, de caráter somativo, e é inspirado no questionário abaixo.

### Questionário 5

**Situação 1.** Se uma peça de artilharia disparar de um navio contra uma embarcação inimiga que está se movendo lado a lado com ele, como seria possível o projétil acertar o navio inimigo?

- (a) É possível porque o navio artilheiro, o projétil e o navio inimigo se movem juntos para frente. É como se eles estivessem sendo arrastados uniformemente por uma mesma “correnteza”.
- (b) É possível, desde que os artilheiros viam as peças de artilharia um pouco mais para frente, mirando na posição provável do navio inimigo alguns instantes após o tiro.
- (c) É possível por uma questão de perspectiva. Do ponto de vista de quem está em qualquer um dos navios, é como se eles estivessem parados lado a lado.

**Situação 2.** Em relação ao exemplo anterior, isso ocorre até mesmo se aumentarmos a distância de tiro?

- (a) Sim, o projétil sempre atinge o alvo, independente da distância.
- (b) Não, conforme a distância aumenta, fica mais difícil para os artilheiros mirarem no navio inimigo.
- (c) Não, conforme a distância aumenta, maior tem que ser a “velocidade de boca” do projétil.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup>Velocidade de boca é a velocidade de um projétil imediatamente após abandonar o cano da peça de artilharia.

<sup>12</sup>Velocidade de boca é a velocidade de um projétil imediatamente após abandonar o cano da peça de artilharia.

**Situação 3.** Também em relação ao exemplo anterior, isso ocorre até mesmo se aumentarmos a velocidade dos navios?

- (a) Não, conforme a velocidade aumenta, maior o atrito entre o projétil e ar, que pode ser considerado “parado” em relação ao *Mar*. Isso, é claro, em um dia sem vento.
- (b) Não, conforme a velocidade aumenta, o vento aumenta. Mesmo em um dia sem vento, o movimento do navio faz surgir vento, que é facilmente sentido pela tripulação, e este vai desviar o projétil.
- (c) Sim, isso sempre vai acontecer.

**Situação 4.** No caso de uma peça de artilharia que dispara de um navio em movimento contra um alvo fixo, por que o projétil só vai acertar o alvo fixo se for disparado antes do navio ficar lado a lado com ele?

- (a) Essa é uma questão simples de perspectiva. Por exemplo, quem está dentro do navio o vê parado e vê o alvo em movimento para “trás”. Nesse ponto de vista, é necessário disparar antes que o alvo fique lado a lado com o barco para que dê tempo para o projétil chegar a ele.
- (b) Nesse caso, apenas o navio e o projétil se movem juntos para “frente”, mesmo que este tenha um movimento adicional para o lado. Assim, como o projétil se move simultaneamente para frente e para o lado ele precisa ser disparado antes do navio e do alvo ficarem lado a lado.
- (c) Normalmente, deve-se disparar os projéteis quando o navio artilheiro e o alvo estiverem lado a lado. Se disparar antes ou depois disso, provavelmente não vai acertar.

**Situação 5.** Em relação ao exemplo anterior, isso ocorre até mesmo se aumentarmos a distância de tiro?

- (a) Sim, isso vai acontecer. Porém, do ponto de vista de um marinheiro dentro do navio, o projétil terá que ser lançado mais tempo antes do navio ficar lado a lado com o alvo.

- (b) Não, o projétil tem que ser disparado no momento exato em que o navio e o alvo estiverem lado a lado.
- (c) Sim, isso vai acontecer. Porém, como o projétil vai se mover para “frente” com o navio, ela tem que ser lançada mais tempo antes do navio ficar lado a lado com o alvo.

**Situação 6.** Também em relação ao exemplo anterior, isso ocorre até mesmo se aumentarmos a velocidade do navio artilheiro?

- (a) Sim, isso vai acontecer. Porém, como o projétil vai se mover para frente com o navio, ela tem que ser lançada mais tempo antes do navio ficar lado a lado com o alvo.
- (b) Não, o projétil tem que ser disparado no momento exato em que o navio e o alvo estiverem lado a lado.
- (c) Sim, isso vai acontecer. Porém, do nosso ponto de vista, o projétil terá que ser lançado mais tempo antes do navio ficar lado a lado com o alvo.

\* \* \*

Concluídos os trabalhos e de volta à casa, o *avatar* ainda pensa sobre a ideia de uma “correnteza imaginária” e se lembra da conversa que teve com *Mentor* logo após o retorno de suas férias. Nosso personagem, então, resolve visitar seu velho mestre e, curioso, inicia um novo diálogo que, entre outras coisas, retoma as perguntas feitas na Cena 0. É nesse novo diálogo:

- que a ideia de “correnteza imaginária” é formalizada e ganha o nome de referencial,
- que a preguiça dos corpos, ou inércia, também passa a incluir o movimento retilíneo e uniforme e
- que o movimento e o repouso são estados dos corpos e não intrínsecos a eles.

Nesse diálogo, *Mentor* comenta pela primeira vez sobre movimentos diferentes do retilíneo e uniforme, define o que são referenciais inerciais e chega à conclusão da equivalência entre eles. Esse diálogo serve como sexta avaliação formal, de caráter formativo, e é baseado no questionário abaixo.

### Questionário 6

**Situação 1.** Em uma casa, um copo com água repousa sobre a mesa. Se uma pessoa passar correndo pela janela da casa enquanto observa o copo, é correto afirmar que o copo está em movimento apenas por ser observado pela pessoa, pois, caso contrário, estaria absolutamente parado?

- (a) Sim, o movimento só é relativo por uma questão de ponto de vista. É quase uma ilusão de ótica.
- (b) Não, a relatividade do movimento não tem a ver apenas com o ponto de vista. Seria melhor relacioná-la à descrição formal, ou matemática, do fenômeno.

**Situação 2.** Se estivermos presos em um ambiente hermeticamente fechado (uma caixa bem grande, por exemplo), é possível descobrir se esse ambiente está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme?

- (a) Sim, pois qualquer movimento pode ser sempre percebido.
- (b) Não, pois o repouso e o movimento retilíneo e uniforme são equivalentes.
- (c) Sim, basta tentar observar o ambiente exterior.

**Situação 3.** No exemplo anterior, como é possível perceber se o ambiente se move ou não?

- (a) Só é possível de perceber se, de repente, o ambiente começar a frear, acelerar ou a fazer uma curva.
- (b) A única maneira de perceber é tentando observar o ambiente exterior.
- (c) Não é difícil de perceber, já que qualquer movimento pode ser sentido pelo tato.

\* \* \*

Esse diálogo tem o objetivo de construir formalmente a ideia de referencial e oferece ao *avatar* alguns emblemas. Assim, caso o jogador-aluno escolha respostas que demonstrem um aparente avanço rumo à concepção de Relatividade Padrão, isso em comparação com o primeiro encontro com *Mentor* na Cena 0, o personagem ganha o emblema de “**o quebrador de paradigmas**”. Caso não haja uma grande mudança no padrão das respostas, o *avatar* ganha o emblema de “**o resoluto**”. Finalmente, se o jogador-aluno apresentar respostas que demonstrem um avanço rumo à concepção de Referencial Privilegiado, o personagem ganha o emblema de “**o tradicionalista**”.

#### 4 Cena 3

Dando prosseguimento ao jogo, a Cena 3 aborda um tema de ciência pura, baseada simplesmente na curiosidade e no temor do ser humano frente à Natureza. Ela tem por objetivo verificar a habilidade do jogador-aluno em selecionar e propor soluções baseadas em argumentos que lhe são disponíveis, ou seja, sua capacidade investigativa e de ser coerente. Também, esta cena tenta mostrar para o jogador-aluno, caso seja necessário, que a relativização do movimento não deve ser feita de qualquer maneira, ou seja, que alguns referenciais (os referenciais inerciais) são mais privilegiados que outros (os referenciais não-inerciais), pelo menos na Relatividade de Galilei-Newton.

Essa cena começa com a convocação do *avatar* ao palácio real, onde o rei o espera alarmado. Ao encontrar-se com o monarca, este comenta que recebeu uma ameaça da famosa bruxa *Ignara*, enquanto fazia sua revista rotineira pelas ruas da cidade. Ela contou, em tom nefasto, que sonhara com o fim de seu reinado nas próximas semanas, pois a ira dos deuses se abaterá sobre ele. Como sinal de sua ira, a deusa *Lua* se cobrirá do sangue dos ímpios e somente ela, a bruxa, poderá livrá-lo de seu terrível destino.

Perturbado, o rei ordena ao *Inventor-mor* que descubra se a visão da bruxa tem algum fundamento. Assim, cabe ao *avatar* mostrar que o fenômeno da Lua de sangue, ou o eclipse total da Lua, é algo natural, que ocorre

periodicamente e não é um evento sobrenatural, como propôs a bruxa. O monarca também pede explicações sobre o fenômeno para a *Venerável-Mãe Clara*.

Baseando seu argumento nos trabalhos de um dos mais sábios mestres do reino, *Plácido de Alvorada*, o *avatar* propõe que a formação da Lua de sangue é um tipo de eclipse da Lua, que ocorre quando este astro passa totalmente pela sombra do *Grande Mar*. Para testar essa hipótese, o *avatar* deve construir um aparato que simule o movimento relativo do Sol, da Lua e do *Grande Mar* e deve mostrá-lo, publicamente, ao rei e a toda corte.

A escolha pelos trabalhos de *Plácido* é uma situação chave do jogo, pois outras alternativas de explicação são oferecidas ao jogador-aluno: a teoria do *Grande Mar* oco e a teoria do *Grande Mar* plano. A primeira consiste em considerar que nosso mundo é uma esfera oca e que habitamos o seu interior. Já a segunda consiste em considerar nosso mundo como um plano. Vale ressaltar que esse processo de escolha também é avaliado, enquadrando-se como avaliação formativa. Desse modo, se o *avatar* rechaçar as teorias alternativas de imediato, sem qualquer interesse em saber mais sobre elas, é-lhe atribuído o emblema de “**o impaciente**”. Se ele decidir saber mais sobre os argumentos destas teorias, é-lhe atribuído o emblema de “**o pesquisador II**”. Finalmente, se resolver aprofundar-se nelas, é-lhe atribuído o emblema de “**o pseudo-cientista**”.

Os aparatos propostos por *Plácido*, como mostra a Figura 4 e que devem ser encomendados prontos em uma manufatura localizada na região portuária da *Cidade do Rochedo*, consistem em duas caixas de madeira com um sistema mecânico interno, cujo mecanismo é irrelevante e não precisa ser revelado, movido a manivela. O sistema mecânico move três suportes que emergem da parte superior de cada caixa, onde serão encaixados o Sol, a Lua e o *Grande Mar*.

Faltando poucos dias para a apresentação, em uma visita, a melhor amiga do *avatar* e também ex-discípula de *Mentor*, *Morena Auxiliadora*, sugere a ele que se preocupe em também demonstrar o eclipse do Sol no mesmo aparato experimental, o que o *avatar* atende prontamente. Eles também discutem quais das configurações para o Sol, a Lua e o *Grande Mar* seriam

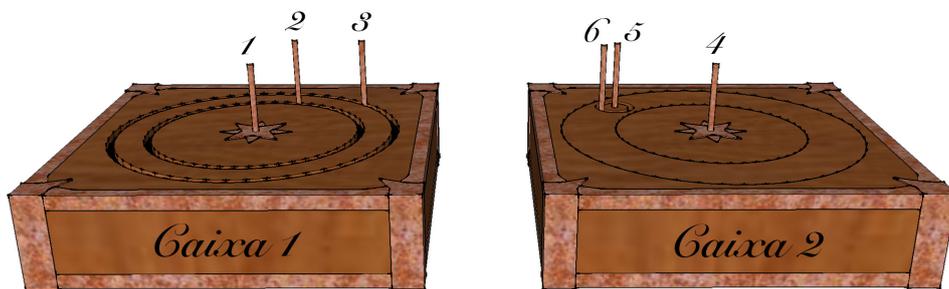


Fig. 4: Esboço dos aparatos de Plácido. A primeira caixa tem o suporte 1 fixo, o qual ocupa o centro das circunferências descritas pelo movimento dos outros dois suportes. A segunda caixa tem o suporte 4 fixo, o qual ocupa o centro do anel que carrega o suporte 5, que por sua vez é o centro da circunferência descrita pelo movimento do suporte 6.

mais corretas. Esse diálogo tem a função de sétima avaliação formal, de caráter formativo, e é inspirado no questionário abaixo.

### Questionário 7

**Situação 1.** Como ocorrem os eclipses da Lua?

- (a) Os eclipses lunares ocorrem quando a Lua passa pela sombra da Terra.
- (b) Os eclipses lunares ocorrem quando a Terra passa pela sombra da Lua.

**Situação 2.** Como ocorrem os eclipses do Sol?

- (a) Os eclipses solares ocorrem quando a Lua passa pela sombra da Terra.
- (b) Os eclipses solares ocorrem quando a Terra passa pela sombra da Lua.

**Situação 3.** Se considerarmos o Sol parado e a Terra e a Lua em movimento, a configuração a seguir que melhor explica os eclipses do Sol e da Lua é:

- (a) A Lua e a Terra se movem em órbitas circulares centradas no Sol, com a Lua descrevendo a circunferência de menor raio e a Terra a de maior raio.

- (b) A Lua e a Terra se movem em órbitas circulares centradas no Sol, com a Terra descrevendo a circunferência de menor raio e a Lua a de maior raio.
- (c) A Terra se move seguindo uma órbita circular centrada no Sol, enquanto a Lua se move em uma órbita circular centrada na Terra e a acompanha ao redor do Sol.
- (d) A Lua se move seguindo uma órbita circular centrada no Sol, enquanto a Terra se move em uma órbita circular centrada na Lua e a acompanha ao redor do Sol.

**Situação 4.** Se considerarmos a Terra parada e o Sol e a Lua em movimento, a configuração a seguir que melhor explica os eclipses do Sol e da Lua é:

- (a) A Lua e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Terra, com a Lua descrevendo a circunferência de menor raio e o Sol a de maior raio.
- (b) A Lua e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Terra, com o Sol descrevendo a circunferência de menor raio e a Lua a de maior raio.
- (c) O Sol se move seguindo uma órbita circular centrada na Terra, enquanto a Lua se move em uma órbita circular centrada no Sol e o acompanha ao redor da Terra.
- (d) A Lua se move seguindo uma órbita circular centrada na Terra, enquanto o Sol se move em uma órbita circular centrada na Lua e a acompanha ao redor da Terra.

**Situação 5.** Se considerarmos a Lua parada e o Sol e a Terra em movimento, a configuração a seguir que melhor explica os eclipses do Sol e da Lua é:

- (a) A Terra e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Lua, com o Sol descrevendo a circunferência de menor raio e a Terra a de maior raio.

- (b) A Terra e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Lua, com a Terra descrevendo a circunferência de menor raio e o Sol a de maior raio.
- (c) A Terra se move seguindo uma órbita circular centrada na Lua, enquanto o Sol se move em uma órbita circular centrada na Terra e a acompanha ao redor da Lua.
- (d) O Sol se move seguindo uma órbita circular centrada na Lua, enquanto a Terra se move em uma órbita circular centrada no Sol e o acompanha ao redor da Terra.

**Situação 6.** Qual configuração a seguir que melhor explica os eclipses do Sol e da Lua e que é coerente com a ocorrência das estações do ano?

- (a) A Terra se move seguindo uma órbita circular centrada no Sol, enquanto a Lua se move em uma órbita circular centrada na Terra e a acompanha ao redor do Sol.
- (b) A Lua se move seguindo uma órbita circular centrada no Sol, enquanto a Terra se move em uma órbita circular centrada na Lua e a acompanha ao redor do Sol.
- (c) A Lua e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Terra, com a Lua descrevendo a circunferência de menor raio e o Sol a de maior raio.
- (d) A Terra e o Sol se movem em órbitas circulares centradas na Lua, com a Terra descrevendo a circunferência de menor raio e o Sol a de maior raio.

\* \* \*

Note que somente quatro modelos efetivamente explicam os eclipses do Sol e da Lua, ou seja, as quatro configurações mostradas na situação 6 da sétima avaliação, mesmo que os itens (b) e (d) tenham problemas em explicar outros fenômenos naturais.

É um erro comum para os alunos, principalmente no Ensino Fundamental, considerar que o verão significa que o nosso planeta está mais próximo do Sol do que no inverno, e isso fica evidente nos modelos dos itens (b) e (d) da situação 6. Também, além de ignorarem o fato de que não existem verões e invernos globais, esses modelos implicam que o eclipse lunar deve necessariamente ocorrer no auge do verão, enquanto o eclipse solar deve ocorrer no auge do inverno, o que não corresponde à realidade. Se isso não bastasse, esses modelos também erram por resultar em fases da lua com duração igual às estações do ano.

Assim, a participação de *Morena* leva o *avatar* a selecionar para o debate apenas os modelos Heliocêntrico (item (a) da situação 6) e Geocêntrico (item (c) da situação 6), bem como a questionar sobre os efeitos do movimento do *Grande Mar* no nosso ambiente, caso ele ocorra.

Chegado o momento da demonstração pública, o *avatar* leva os dois aparatos montados segundo os modelos Heliocêntrico e Geocêntrico e os apresenta a todos da corte e ao rei, gerando uma forte reação do público. Entre os presentes, o *Grande-Pai* argumenta que o Sol deveria estar no centro do Firmamento. Já a *Grande-Mãe* afirma que a Lua é quem deveria estar em seu centro. Por fim, o *Primeiro-Marinheiro* afirma que é o *Grande Mar* que ocupa tal lugar.

Em meio a fervoroso debate, o rei exige do *avatar* explicações sobre os motivos que o levaram a montar aquele aparato e qual dos astros está realmente no centro do sistema de três corpos. Assim, em um debate com o rei e outros personagens, todos eles conhecidos, o *avatar* deve defender o modelo que acredita baseado nos conteúdos abordados pelo jogo.

Vale lembrar, nesse ponto, que a proposta de Copérnico, no século XVI, do modelo Heliocêntrico se baseou num conhecimento profundo do movimento dos corpos celestes, não só do Sol e da Lua, e que a demonstração dos efeitos das forças inerciais de rotação da Terra só foi realizada por Foucault na segunda metade do século XIX. Tais conhecimentos técnicos são muito complexos para serem desenvolvidos de forma satisfatória nesse jogo, logo, por uma questão de coerência, é exigido como argumento do *avatar* apenas o que esse jogo pode oferecer.

O debate na sala do trono funciona como uma oitava avaliação, de caráter somativo, e é inspirada no questionário abaixo.

### Questionário 8

**Situação 1.** O modelo abaixo, chamado de Modelo Heliocêntrico, pode ser considerado relativamente bom para explicar os eclipses da Lua e do Sol, além de outros fenômenos associados a esses astros?

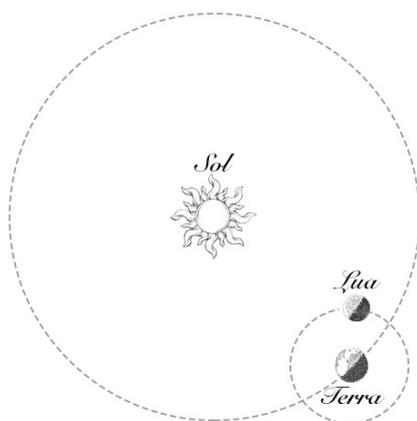


Fig. 5: Modelo Heliocêntrico.

- (a) Sim. Ele explica os eclipses do Sol e da Lua e as fases desta última. Também explica a alternância de dias e noites, desde que a Terra gire em torno de si mesma, e o fenômeno das estações do ano, desde que o eixo de rotação seja inclinado em relação ao Sol.
- (b) Sim. Ele explica todos os fenômenos associados ao Sol e à Lua. Porém, não devem existir evidências conclusivas de que a Terra se move ao redor do Sol, e não o contrário, então essa ainda é uma questão em aberto.
- (c) Sim. Ele explica todos os fenômenos associados ao Sol e à Lua. Porém, a construção desse modelo é baseada no ponto de vista de um observador situado no Sol. Então, para um observador situado na Terra, seria necessário idealizar um outro modelo.

- (d) Não. Por mais que ele explique todos os fenômenos associados ao Sol e à Lua, não é plausível que a Terra se mova sem que percebamos, de alguma forma, tal movimento! Então ele só pode estar errado.

**Situação 2.** O modelo abaixo, chamado de Modelo Geocêntrico, pode ser considerado relativamente bom para explicar os eclipses da Lua e do Sol, além de outros fenômenos associados a esses astros?

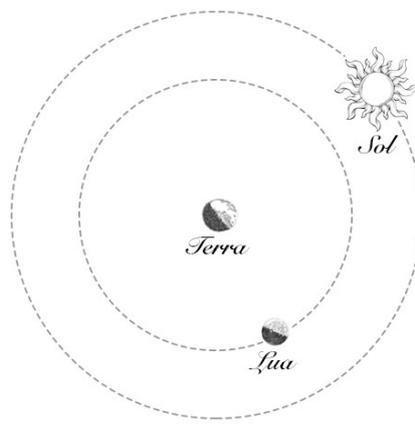


Fig. 6: Modelo Geocêntrico.

- (a) Sim. Ele explica todos os fenômenos básicos associados ao Sol e à Lua. Porém, a construção desse modelo é baseada no ponto de vista de um observador situado na Terra. Então, para um observador situado no Sol, seria necessário idealizar um outro modelo.
- (b) Sim. Ele explica todos os fenômenos associados ao Sol e à Lua e é bastante plausível porque o movimento circular da Terra seria facilmente percebido caso existisse.
- (c) Sim, como explicação bastante básica até pode funcionar. Porém, se também incluirmos o movimentos dos planetas e outras observações mais detalhadas, veremos que esse modelo é insustentável.

- (d) Sim. Ele explica todos os fenômenos básicos associados ao Sol e à Lua. Porém, não devem existir evidências conclusivas de que a Sol se move ao redor da Terra, e não o contrário, então essa ainda é uma questão em aberto.

**Situação 3.** Apesar de explicar o fenômeno dos eclipses solares e lunares, por que o modelo abaixo não pode ser considerado um modelo consistente para o movimento relativo entre o Sol, a Lua e a Terra?

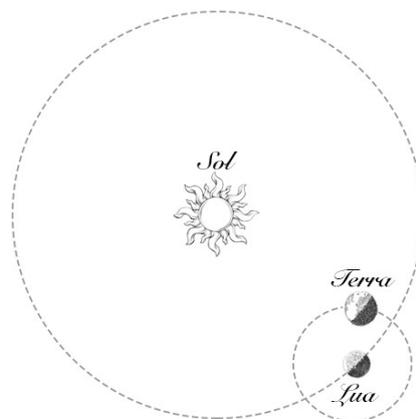


Fig. 7: Modelo Heliocêntrico modificado.

- (a) Porque esse modelo chega à conclusão que as fases da Lua duram o mesmo período das estações do ano, ou seja, que há Lua Nova durante todo o verão e Lua Cheia durante todo o inverno.
- (b) Porque esse modelo chega à conclusão de que os verões ocorrem quando a Terra está mais próxima do Sol, enquanto o inverno ocorre quando ela está mais longe.

**Situação 4.** Apesar de explicar o fenômeno dos eclipses solares e lunares, por que o modelo abaixo não pode ser considerado um modelo consistente para o movimento relativo entre o Sol, a Lua e a Terra?

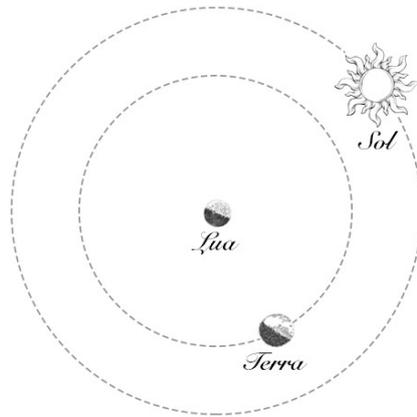


Fig. 8: Modelo Selenocêntrico.

- (a) Porque esse modelo chega à conclusão que as fases da Lua duram o mesmo período das estações do ano, ou seja, que há Lua Cheia durante todo o verão e Lua Nova durante todo o inverno.
- (b) Porque esse modelo chega à conclusão de que os verões ocorrem quando a Terra está mais longe do Sol, enquanto o inverno ocorre quando ela está mais perto.

**Situação 5.** Se a Terra estiver em movimento ao redor do Sol, por que não somos lançados para “fora” da curva da mesma maneira que somos lançados quando estamos em um carro fazendo uma curva em uma estrada?

- (a) Não somos lançados porque a Terra, de fato, está parada. Quem se move é o Sol!
- (b) E quem disse que somos lançados para “fora” da curva quando o carro faz a curva? Isso também não ocorre!
- (c) Se não somos lançados é porque deve haver uma força muito maior que nos prende à superfície da Terra!
- (d) O efeito do movimento da Terra é tão pequeno que não conseguimos vê-lo ou senti-lo.

\* \* \*

O debate na sala do trono real encerra a Cena 3 e o próprio jogo, sendo finalizada com uma grande salva de palmas do público e do próprio rei à apresentação do *avatar*.