

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES EM ASTRONOMIA: O MOVIMENTO APARENTE DO SOL NO CÉU E A DURAÇÃO DOS DIAS E NOITES

 Wesley Quintiliano Vidigal ¹
 Sérgio Mascarello Bisch ²

Resumo: No presente trabalho, relatamos a aplicação de duas atividades investigativas sobre o movimento aparente do Sol no céu, durante um dia e ao longo do ano, que foi realizada com estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas – futuros professores de Ciências do Ensino Fundamental – que participaram de um minicurso de formação inicial em Astronomia. A primeira atividade, sobre o movimento diário do Sol, foi implementada por meio de uma demonstração investigativa, conduzida pelo professor, utilizando o *software* Stellarium. A segunda, sobre a variação da duração do dia ao longo do ano, foi conduzida na forma de um laboratório aberto, em que os próprios estudantes coletaram os dados, manipulando o Stellarium. As atividades apresentaram uma boa participação e interação dos alunos entre si, com o professor e com a ferramenta Stellarium, e os dados indicam que além da aprendizagem de conceitos, estas proporcionaram aos estudantes uma vivência de procedimentos e atitudes característicos de uma investigação científica.

Palavras-chave: Atividade Investigativa; Ensino por Investigação; Ensino de Astronomia; Movimento Aparente do Sol; Dias e Noites; Stellarium.

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES EN ASTRONOMÍA: EL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL EN EL CIELO Y LA DURACIÓN DE LOS DÍAS Y LAS NOCHES

Resumen: En el presente trabajo, reportamos la aplicación de dos actividades de investigación sobre el movimiento aparente del Sol en el cielo, durante un día y durante todo el año, que se llevó a cabo con estudiantes de pregrado en Ciencias Biológicas - futuros maestros de Ciencias de la Escuela Primaria - que participaron en un curso corto de entrenamiento inicial en Astronomía. La primera actividad, sobre el movimiento diario del Sol, se implementó a través de una demostración de investigación, realizada por el maestro, utilizando el software Stellarium. La segunda, sobre la variación de la duración del día a lo largo del año, se realizó en forma de un laboratorio abierto, en el que los propios estudiantes recopilaban los datos, manipulando el Stellarium. Las actividades presentaron una buena participación e interacción de los estudiantes entre ellos, con el maestro y con la herramienta Stellarium, y parecen haber promovido no solo el aprendizaje de conceptos, sino también la experiencia de procedimientos y actitudes características de una investigación científica.

Palabras clave: Actividad Investigativa; Enseñanza por Investigación; Enseñanza de la Astronomía; Movimiento Aparente del Sol; Días y Noches; Stellarium.

INVESTIGATIVE ACTIVITIES IN THE INITIAL TRAINING OF TEACHERS IN ASTRONOMY: THE APPARENT MOVEMENT OF THE SUN IN THE SKY AND THE DURATION OF DAYS AND NIGHTS

Abstract: In the present work, we report the application of two investigative activities on the apparent movement of the Sun in the sky, during one day and throughout the year, which was carried out with

¹ Secretaria de Estado da Educação, Espírito Santo, Brasil. E-mail: fisica.wesley@hotmail.com.

² Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Espírito Santo, Brasil. E-mail: sergiobisch@gmail.com.

undergraduate students in Biological Sciences - future teachers of Elementary School Sciences - who participated in a short course of initial training in Astronomy. The first activity, on the daily movement of the Sun, was implemented through an investigative demonstration, conducted by the teacher, using the Stellarium software. The second, on the variation of the length of the day throughout the year, was conducted in the form of an open laboratory, in which the students themselves collected the data, manipulating the Stellarium. The activities presented a good participation and interaction of the students among themselves, with the teacher and with the Stellarium tool, and seem to have promoted not only the learning of concepts, but also the experience of procedures and attitudes characteristic of a scientific investigation.

Keywords: Investigative Activity; Inquiry-based Learning; Astronomy Teaching; Apparent Movement of the Sun; Days and Nights; Stellarium.

1 Introdução

A inserção de atividades investigativas no ensino de Ciências na Educação Básica como forma de promover um ensino em que o estudante tenha um papel ativo, de sujeito na construção de seu conhecimento, praticando a argumentação, a formulação e teste de hipóteses, a comunicação e sistematização de conhecimentos, vem sendo abordada e defendida por diversos pesquisadores da área da Educação em Ciência (Azevedo, 2006; Zômpero & Laburú, 2011, 2012; Carvalho, 2013, 2018; Carvalho & Gil-Pérez, 2011). Segundo esses autores, esse tipo de atividade promoveria não apenas uma aprendizagem de conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades cognitivas, de atitudes e procedimentos científicos.

Essa inserção também é fortemente recomendada em documentos oficiais, como nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (Brasil, 2013) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), segundo a qual é imprescindível que os alunos:

[...] sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas predefinidas, tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório.

Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções (Brasil, 2018, p. 322).

De igual modo, a abordagem de temas e conteúdos de Astronomia na Educação Básica, associada à área das Ciências da Natureza, também é sugerida por documentos oficiais. A BNCC especifica alguns dos temas básicos de Astronomia a serem abordados ao longo do Ensino Fundamental, desde os anos iniciais, tais como: o movimento aparente do Sol no céu, a observação do céu, características da Terra (como seu formato esférico) e pontos cardeais (Brasil, 2018, p. 334-338). Cabe ressaltar que, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1998), a temática “Terra e Universo” já era considerada como um dos quatro eixos temáticos para o ensino das Ciências Naturais e, atualmente, compõe uma das três unidades temáticas da BNCC, a partir das quais deve se desenvolver o ensino de Ciências na Educação Básica.

Nesse sentido, durante a realização de um minicurso de formação inicial em Astronomia para estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas – futuros professores de Ciências do Ensino Fundamental – da Universidade Federal do Espírito Santo, foram propostas e implementadas duas atividades de natureza investigativa sobre o movimento aparente do Sol com relação ao horizonte local, a variação desse movimento conforme a latitude do observador, os pontos cardeais e a variação da duração do dia e da noite ao longo do ano. Ao incorporar essas atividades num minicurso de formação inicial, além de promover uma aprendizagem conceitual, a intenção foi contribuir para que os futuros professores tenham maior conhecimento e experiência acerca das características, possibilidades e potencialidades desse tipo de abordagem, de um ensino por investigação, e a utilizem, futuramente, com seus próprios alunos do Ensino Fundamental.

Essas atividades fizeram parte da aplicação piloto de uma proposta didática desenvolvida num projeto de mestrado profissional em Ensino de Física, que teve como objetivo a elaboração, aplicação e avaliação de um minicurso para a formação inicial de professores de Ciências do Ensino Fundamental em Astronomia (Vidigal, 2019), que buscou incluir diversas atividades investigativas.

A primeira das duas atividades aqui relatadas – sobre o movimento aparente do Sol com relação ao horizonte local – pode ser caracterizada como sendo do tipo “demonstração investigativa” (Azevedo, 2006), na qual um problema, em geral apresentado na forma de uma pergunta, é inicialmente proposto à classe pelo professor e, a seguir, é dada liberdade para que os alunos explicitem suas concepções e hipóteses iniciais, sejam intuitivas ou de senso comum, acerca do mesmo, sendo realizada uma discussão em grupo e/ou com a classe toda, na qual os alunos possam praticar suas habilidades de reflexão, argumentação e comunicação, típicas de procedimentos científicos. Posteriormente, por meio da apresentação, pelo professor, de modelos ou experimentos, eventualmente subsidiados por consultas ou pesquisas bibliográficas, é conduzida uma investigação a respeito do fenômeno e de sua explicação científica, cabendo ao professor atuar como um guia, auxiliando na construção da passagem do saber cotidiano ao saber científico.

A segunda atividade – sobre a variação da duração do dia e da noite ao longo do ano –, por sua vez, teve características semelhantes às de um “laboratório aberto” (Azevedo, 2006), no qual também tudo se inicia pela proposição de um problema, seguida de uma etapa de expressão e discussão de concepções e hipóteses iniciais dos alunos acerca dele, com a posterior elaboração de um plano de trabalho para a realização do experimento, seguida da realização do experimento, pelos próprios alunos, e a posterior análise dos dados colhidos, possibilitando um confronto com as hipóteses inicialmente levantadas pelos alunos e a obtenção de conclusões.

Em ambas as atividades, a ferramenta utilizada para realizar a demonstração acerca do movimento do Sol com relação ao horizonte, no primeiro caso, e de um experimento virtual sobre a variação na duração do dia e da noite durante o ano, no segundo caso, foi o *software* livre Stellarium (Stellarium.org, 2020), que permite simulações realistas destes fenômenos. Com ele se pode simular o nascimento e o ocaso do Sol e sua trajetória diurna no céu para qualquer posição do observador na superfície da Terra, bem como se observar a posição de nascimento e o ocaso do Sol com relação aos pontos cardeais leste e oeste e o horário em que eles ocorrem.

Ressaltamos que os temas astronômicos abordados nessas atividades se referem a fenômenos que fazem parte do cotidiano dos alunos e são observados a partir de um referencial local, topocêntrico, ou seja, se referem ao movimento do Sol no céu conforme observado da superfície da Terra. Os problemas propostos nas atividades aqui relatadas se referem a uma descrição fenomenológica de como se dá esse movimento a partir deste referencial e sua relação com a posição do observador na superfície da Terra. Não foram abordadas, diretamente, explicações que utilizam um referencial heliocêntrico, envolvendo uma representação da Terra como ela seria vista a partir do espaço, num referencial em repouso em relação ao Sol.

A abordagem de fenômenos astronômicos a partir de um referencial local é a mais indicada para alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, uma vez que se acha mais próxima do que pode ser diretamente observado, do vivencial e concreto, enquanto que a abordagem por meio da explicação desses mesmos fenômenos em termos dos movimentos da Terra, conforme observados a partir de um referencial heliocêntrico, bem mais abstrata e conceitual (Leite, 2006), é mais indicada para os anos finais do Ensino Fundamental, nos quais um pensamento mais descentrado e abstrato já se faz presente e é mais acessível aos alunos (Bisch, 1998; Langhi & Nardi, 2010). O ponto de vista a partir de um referencial local se acharia próximo do que poderíamos denominar de um polo vivencial, realista ingênuo, já o ponto de vista heliocêntrico, que implica numa visão da Terra a partir do espaço, estaria mais próximo de um polo conceitual (Bisch, 1998).

De maneira coerente com essas observações, notamos que, na BNCC, os temas “movimento aparente do Sol no céu”, “observação do céu” e “pontos cardeais” são indicados para serem abordados, respectivamente, no 2º, 3º e 4º anos (Brasil, 2018, p. 334-338), enquanto que os temas “Movimento de rotação da Terra”, “Forma, estrutura e movimentos da Terra” e “Sistema Sol, Terra e Lua”, que envolvem a utilização de um referencial heliocêntrico, só são indicados, respectivamente, para o 5º, 6º e 8º anos (Brasil, 2018, p. 340-348).

Algumas pesquisas que discutem a questão da espacialidade no ensino de Astronomia e na formação continuada de professores (Bisch, 1998; Leite, 2006; Ferreira & Leite, 2015) indicam que a coordenação entre esses dois pontos de vista, o geocêntrico e o heliocêntrico, o vivencial e o conceitual, não é nada trivial, e que isso deve ser levado em consideração em seu ensino. Em atividades de formação inicial de professores, portanto, também será relevante que ambas as perspectivas – a descrição do que é observado no céu, a partir de um referencial local, e a sua explicação em termos do um modelo heliocêntrico – sejam abordadas e sua articulação e complementaridade sejam investigadas e compreendidas.

Na proposta didática de um minicurso de formação inicial, da qual as duas atividades investigativas aqui relatadas fizeram parte (Vidigal, 2019), o ponto de vista heliocêntrico foi trabalhado em outras atividades, nas quais foram utilizados modelos tridimensionais. A relação dessa perspectiva com o ponto de vista geocêntrico foi parcialmente abordada, devendo ainda ser aperfeiçoada e aprofundada em aplicações futuras da proposta.

Acreditamos que, idealmente, as atividades aqui relatadas seriam adequadas para inclusão numa primeira etapa de uma proposta de ensino que partisse do vivencial, do que é diretamente observado no céu, a partir de um referencial local, que

prosseguiria e seria complementada com o estudo dos movimentos da Terra vistos de um referencial heliocêntrico, a partir do qual seria possível explicar os movimentos “aparentes” do Sol com relação ao horizonte, abordados na primeira etapa.

Após uma descrição razoavelmente detalhada acerca de como ocorre o movimento aparente do Sol no céu, apresentada na próxima seção, nas seguintes é apresentado um relato da elaboração e aplicação das duas atividades investigativas no referido minicurso, seguido de uma análise dos dados colhidos quanto ao envolvimento, participação e aprendizagem dos estudantes.

2 O movimento aparente do Sol no céu

Para um observador situado num ponto da superfície da Terra, o movimento que o Sol descreve no céu com relação ao referencial local, no qual este observador se encontra, delimitado pelo seu plano do horizonte, pode ser decomposto em dois movimentos principais: um *movimento diário* e um *movimento anual* do Sol. Esses movimentos costumam ser denominados “aparentes” como forma de contrastá-los aos movimentos considerados “reais”, descritos com relação a um referencial inercial situado no espaço, em repouso com relação ao Sol, ou seja, em um referencial heliocêntrico, aos quais esses dois movimentos aparentes se acham, respectivamente, associados, a saber: o movimento de rotação da Terra em torno de um eixo que passa pelo seu centro e seu movimento de translação em torno do Sol².

Para a explicação que será dada a seguir, acerca de como ocorrem esses dois movimentos observados de um referencial local, será importante representar o céu utilizando o conceito de *esfera celeste*. Ele é um conceito que possui raízes antigas, com origem numa concepção geocêntrica de universo, na qual, como os antigos gregos imaginavam, se considerava que as estrelas se achavam incrustadas, em posições fixas, em uma grande superfície esférica cristalina que circundava a Terra (Bisch, 2012; Oliveira Filho & Saraiva, 2014).

Atualmente, sabemos muito bem que não existe essa superfície esférica, que o céu tem profundidade, que as estrelas se situam a diferentes distâncias, mas, ainda assim, a versão atual do conceito de esfera celeste é extremamente útil e muito usada para indicar a posição (direção) em que se encontram os astros no céu, independentemente de sua distância à Terra, por meio de sistemas de coordenadas definidos sobre a esfera celeste. De fato, a esfera celeste é um dos conceitos centrais utilizados na área de estudos denominada “Astronomia de Posição” ou “Astrometria” (Caniato, 1993; Boczko, 1984), dedicada à medida precisa da posição e movimento dos astros, área que pode ser considerada a mais antiga da Astronomia.

Segundo a concepção atual, a esfera celeste é definida como sendo uma superfície esférica abstrata, de raio arbitrariamente grande, centrada na Terra, ou no

² Embora seja habitual denominar o movimento do Sol, e dos demais astros, com relação a um referencial local, baseado no plano do horizonte, como sendo um movimento “aparente”, é importante notar que, conforme se aprende em Física, todo movimento sempre é relativo, isso é depende do referencial utilizado para observá-lo. Nesse sentido, o movimento observado do Sol, com relação a um referencial local, nada tem de aparente no sentido de algo ilusório, mas sim corresponde ao movimento real descrito pelo Sol neste referencial. Apenas ele não é um referencial inercial.

observador em sua superfície³, na qual podemos imaginar projetados todos os objetos celestes, em relação à qual as estrelas mais distantes estão paradas e cujo movimento, em relação à superfície da Terra, corresponde ao movimento destas estrelas fixas (Bisch, 2012). Conforme indicado na Figura 1, os pontos em que o prolongamento do eixo de rotação da Terra “fura” a esfera celeste, que também podem ser pensados com a projeção dos polos geográficos da Terra no céu, ou seja, na esfera celeste, correspondem aos *polos celestes*, sul e norte. A 90° dos polos celestes temos o *equador celeste*, que também pode ser pensado como a projeção do equador da Terra na esfera celeste. Mais detalhes sobre o conceito de esfera celeste e sua aplicação na descrição da posição e movimentos dos astros podem ser consultados em Oliveira Filho e Saraiva (2014) e Boczko (1987). Modelos físicos didáticos para representar a esfera celeste e como se pode, com eles, simular os movimentos das estrelas e do Sol no céu, conforme vistos de um referencial local, são apresentados por Caniato (1993) e Bedaque e Bretones (2016).

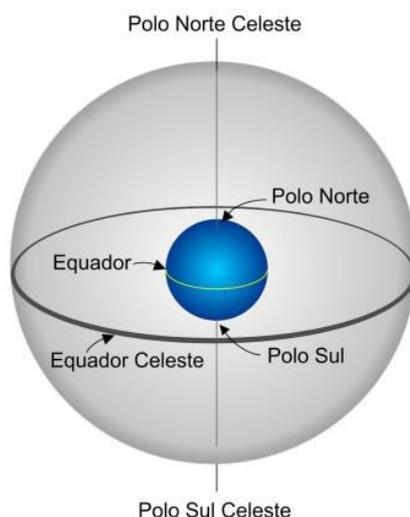


Figura 1 - A esfera celeste segundo o conceito atual: uma esfera imaginária, centrada na Terra, na qual as estrelas distantes parecem fixas e que gira em torno de um eixo de rotação que é o prolongamento do eixo de rotação da Terra. Os polos celestes e o equador celeste são as projeções, na esfera celeste, dos polos e do equador terrestres. Na figura, a esfera celeste, esquematicamente representada por uma esfera de cor cinza, apresenta um tamanho um pouco maior que o da Terra, em azul, mas, conceitualmente, a esfera celeste possui um raio arbitrariamente grande, que tende ao infinito, de modo que a Terra e um observador em sua superfície podem ser considerados apenas como pontos em seu centro.

Fonte: Saraiva, Oliveira Filho e Muller (2014).

Devido à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo, no sentido de oeste para leste, um observador na superfície da Terra vê a esfera celeste girar em relação ao plano do horizonte, de leste para oeste, com as estrelas nascendo no lado leste e se pondo no lado oeste, mantendo suas posições relativas fixas, descrevendo o chamado *movimento diário* (ou *diurno*) da esfera celeste. Algumas estrelas, mais próximas ao

³ Na maioria das situações, como o tamanho do raio terrestre pode ser considerado desprezível em relação às distâncias até os astros, pode-se considerar que a posição em que os astros são vistos no céu, por um observador na superfície da Terra, é a mesma que seria vista a partir do seu centro: ambas as posições podem ser, portanto, consideradas equivalentes e localizadas no centro da esfera celeste. Isso só não é inteiramente válido no caso de objetos mais próximos, dentro do sistema solar, como a Lua.

polo celeste visível, denominadas *estrelas circumpolares* (Boczko, 1984, p. 38), não nascem nem se põem, por estarem muito próximas deste polo, girando em torno dele, sem jamais atingirem o horizonte de observação⁴ de uma pessoa na superfície da Terra, conforme ilustrado na Figura 2. Nessa figura é apresentada uma foto de longa exposição tirada a noite, próximo da cúpula do Telescópio Anglo-Australiano, localizado no Siding Spring Observatory, na Austrália, com uma câmera fotográfica apontada para o céu junto ao horizonte sul, mantendo seu obturador aberto durante várias horas. A imagem pode ser considerada um registro do movimento diário da esfera celeste. Os arcos luminosos circulares e concêntricos, que aparecem na foto, são as trilhas luminosas deixadas pelas estrelas em seus movimentos circulares diários, em torno do polo sul celeste, cuja posição no céu corresponde à da direção para onde aponta o eixo de rotação da Terra. Trilhas deixadas por diversas estrelas circumpolares podem ser percebidas na imagem.



Figura 2 - Um registro do movimento diário da esfera celeste. Fotografia de longa exposição.

Fonte: David Malin, Austrália.

Disponível em: <https://images.datacentral.org.au/malin/AAO2/001>

O movimento diário do Sol consiste em acompanhar o movimento diário da esfera celeste, produzido pela rotação da Terra, nascendo a leste, descrevendo um arco sobre nossas cabeças, e se pondo a oeste, gerando assim os dias e noites, fenômeno que dita o ritmo de nossas vidas.

Contudo, diferentemente das estrelas – que aparentam estarem fixas umas em relação às outras, devido à sua imensa distância até nós – o Sol também descreve um movimento anual, apresentando, a cada dia, um pequeno deslocamento angular, de

⁴ No presente texto, estamos sempre considerando um horizonte ideal, totalmente desimpedido, como o seria para um observador situado no meio de um mar calmo, ou de uma grande planície.

cerca de um grau⁵, com relação às estrelas. A trajetória anual descrita pelo Sol na esfera celeste passa pelas constelações zodiacais e ocorre ao longo da chamada *linha de eclíptica*, ou simplesmente *eclíptica*, contida no plano da órbita da Terra em torno do Sol (Figura 3). A cada dia, devido ao seu movimento anual, o Sol se “atrasa” um pouco em relação às estrelas, movendo-se, predominantemente, na direção leste-oeste, no sentido de oeste para leste.

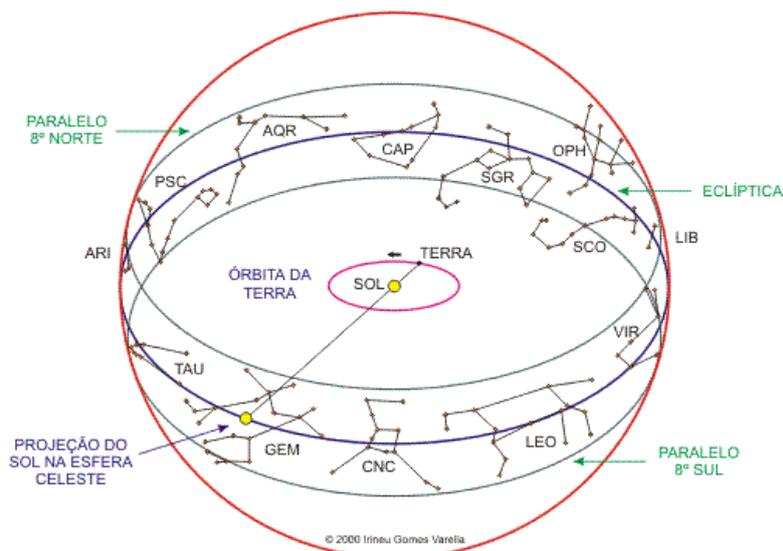


Figura 3 - Movimento anual do Sol na esfera celeste ao longo da linha da eclíptica, passando pelas constelações zodiacais, visto de uma perspectiva em que o norte está para cima.

Fonte: Varella, 2003.

Outro fato muito importante, que tem uma influência decisiva na forma como o Sol descreve seu movimento anual na esfera celeste, é o de que a Terra, assim como outros planetas do sistema solar, apresenta o seu eixo de rotação inclinado em relação à direção perpendicular ao plano da sua órbita em torno do Sol. No caso da Terra, inclinado cerca de $23,5^\circ$. Consequentemente, o plano do equador celeste também é inclinado em relação ao plano de eclíptica, os mesmos cerca de $23,5^\circ$, o que significa que a linha da eclíptica não coincide com o equador celeste, mas apresenta uma metade situada ao norte, outra ao sul do equador celeste (Figura 4). Isso gera outro fenômeno astronômico importantíssimo, que também regula a vida na Terra: as estações do ano.

Podemos perceber que o movimento do Sol na eclíptica explica as estações do ano porque, se durante cerca de metade do ano ele se situa ao norte do plano do equador, nesta época ele iluminará e aquecerá mais o hemisfério norte terrestre, e menos o sul – ocorrerão, então, as estações da primavera e verão no hemisfério norte e de outono e inverno no hemisfério sul. Na outra metade do ano, o Sol estará ao sul do equador e iluminará e aquecerá mais o hemisfério sul da Terra, e menos o norte, alternando as estações do ano produzidas em cada hemisfério (Boczko, 1984, p. 128-129).

⁵ Como o Sol leva um ano para completar uma volta na esfera celeste, a uma velocidade angular aproximadamente constante, o ano corresponde a aproximadamente 365 dias e uma volta a um deslocamento angular de 360° , a cada dia o Sol percorre, portanto, cerca de 1° na esfera celeste.

Conforme indicado na Figura 4, nos instantes em que o Sol cruza o equador celeste, por volta dos dias 21 março e 23 de setembro, ocorrem os chamados *equinócios*. Nos pontos em que ele atinge o máximo afastamento, ao norte ou ao sul do equador, por volta de 22 de junho e 22 de dezembro, respectivamente, ocorrem os *solstícios*. Esses eventos astronômicos marcam o início das estações do ano, de maneira alternada, nos hemisférios norte e sul da Terra.

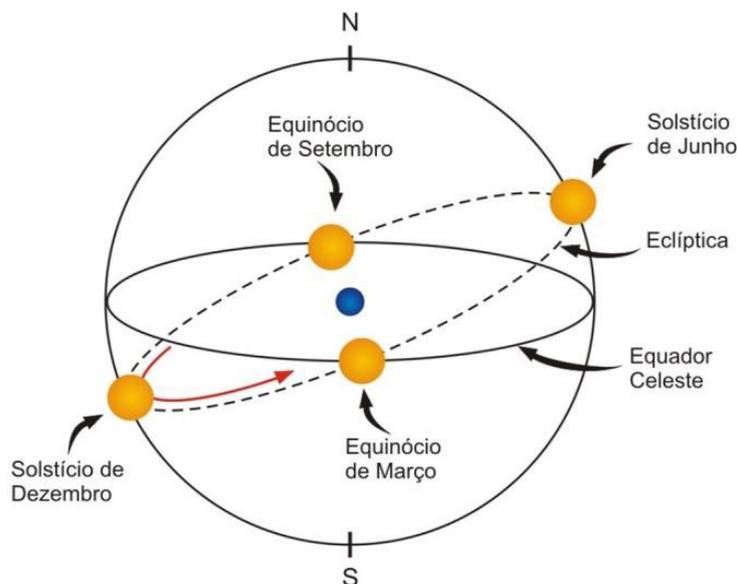


Figura 4 - A linha da eclíptica – caminho descrito pelo Sol na esfera celeste – não coincide com o equador celeste. Metade desse caminho se situa ao norte, metade ao sul do plano do equador, o que acaba produzindo as estações do ano.

Fonte: Saraiva, Oliveira Filho e Muller (2014).

Outra consequência do fato de a eclíptica apresentar trechos ao norte e ao sul do equador celeste é que, embora o deslocamento anual do Sol na esfera celeste ocorra predominantemente na direção leste-oeste, no sentido de oeste para leste, como já foi dito anteriormente, ele também apresentará um deslocamento na direção norte-sul: durante cerca de metade do ano o Sol se desloca de sul para o norte (desde o solstício de dezembro até o de junho) e, na outra metade (do solstício de junho até o de dezembro), do norte para o sul, num ciclo anual. Ele atinge um deslocamento angular máximo ao norte do equador no solstício de junho e, ao sul do equador, no solstício de dezembro. Ambos de cerca de $23,5^\circ$, o que significa uma variação total, entre um extremo e outro, na direção norte-sul da esfera celeste, de cerca de 47° . O que não é pouco e pode ser facilmente percebido se observarmos a natureza a nossa volta com atenção: você já notou como mudam, ao longo do ano, as posições de nascimento e ocaso do Sol junto ao horizonte? Na Figura 5 é apresentada uma imagem ilustrando esse efeito.

Conforme discutido por Bedaque e Bretones (2016), a variação da posição de nascimento e ocaso do Sol no horizonte, entre os extremos, nos solstícios de junho e dezembro, será de cerca de 47° para observadores situados sobre o equador da Terra, e será maior do que isso em qualquer outra latitude. Em latitudes muito elevadas, acima dos círculos polares, o Sol, inclusive, pode nem nascer ou se pôr em determinados períodos do ano.

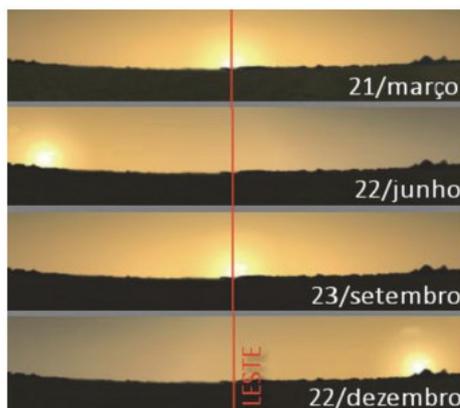


Figura 5 - Variação da posição onde o Sol nasce ao longo do ano.
Fonte: Bedaque e Bretones, 2016.

Por fim, para subsidiar a discussão das atividades investigativas que serão relatadas na próxima seção, é importante considerar a relação existente entre a trajetória diária descrita pelo Sol no céu, em especial a sua inclinação em relação a uma direção normal ao horizonte, e a latitude do observador.

Para tanto, primeiramente é fundamental notar que o plano do horizonte de um observador situado na superfície da Terra é sempre um plano tangente a esta superfície no ponto em que este observador se encontra. Esse plano corta a esfera celeste ao meio, dividindo-a em um hemisfério celeste visível e outro invisível, que fica abaixo da linha do horizonte⁶ (Figuras 6, 7 e 8). Devido a esse fato, é importante notar que, para um observador que estiver situado sobre o equador terrestre, os polos celestes estarão situados sobre a linha do horizonte (Figuras 6a, 6b), enquanto que, para qualquer observador situado em um dos hemisférios da Terra, apenas um dos polos celestes ficará acima do horizonte, o outro ficará abaixo: um observador no hemisfério norte verá apenas o polo celeste norte, enquanto o observador no hemisfério sul verá apenas o polo sul celeste acima do seu horizonte (Figuras 7a, 7b). Na fotografia apresentada na Figura 2, por exemplo, tirada na Austrália, que fica no hemisfério sul da Terra, o polo celeste visível, em torno do qual as estrelas aparecem girando (no sentido horário) é o sul. Também é possível demonstrar que a altura⁷ do polo celeste visível para um observador situado a uma latitude ϕ , ao norte ou ao sul do equador, será um ângulo exatamente igual a esta própria latitude (Boczko, 1984, p. 54), conforme indicado na Figura 7b.

Vamos considerar três casos particulares, representados nas Figuras 6, 7 e 8, por meio dos quais buscamos sintetizar qual será a trajetória diária descrita pelo Sol no céu e como ocorre a variação na duração dos dias e noites para observadores situados em diversas localizações (latitudes) no planeta Terra.

⁶ O hemisfério visível, acima do horizonte, é denominado *hemisfério zenital*, e, o que fica abaixo, *hemisfério nadiral* (Boczko, 1984, p. 40), em referência aos pontos *zênite* e *nadir*, que são as intersecções da vertical do lugar com a esfera celeste, o zênite sendo o ponto diretamente acima de nossas cabeças, o nadir o seu oposto, abaixo de nossos pés (Boczko, 1984, p. 28-29).

⁷ A altura de um ponto no céu corresponde ao ângulo entre a direção em que se encontra este ponto e o plano do horizonte do observador, medido sobre um plano vertical (Boczko, 1984, p. 41).

Para um observador situado no equador terrestre, como dito anteriormente, os polos celestes estarão localizados sobre o horizonte. O equador celeste, por sua vez, estará situado sobre um círculo vertical, que contém a linha leste-oeste (Fig. 6b). O movimento diário do Sol ocorrerá, então, de maneira semelhante ao das estrelas, sobre círculos verticais, perpendiculares ao plano do horizonte. A melhor representação da trajetória do Sol, após seu nascer no horizonte leste, corresponderá, portanto, a uma reta vertical, perpendicular ao horizonte leste, conforme indicado na Fig. 6c. Em verdade, rigorosamente falando, devido ao seu movimento anual na esfera celeste, percorrendo a linha da eclíptica, o Sol também apresentará, diariamente, um pequeno deslocamento com relação à esfera celeste, predominantemente na direção leste-oeste, mas também um pouco na direção norte-sul⁸. Contudo, esse último será praticamente desprezível durante um intervalo de tempo relativamente pequeno, como o de algumas poucas horas após o nascimento do Sol. Pode-se, assim, considerar que a melhor representação de sua trajetória com relação ao horizonte leste, ao nascer, será, efetivamente, a de uma reta perpendicular a este horizonte, conforme representado na Figura 6c. A faixa amarela mostrada nessa figura busca justamente representar a variação, ao longo do ano, na posição de nascimento do Sol e de sua trajetória diária junto ao horizonte leste, devido ao seu movimento anual na esfera celeste, que apresenta uma componente na direção norte-sul.

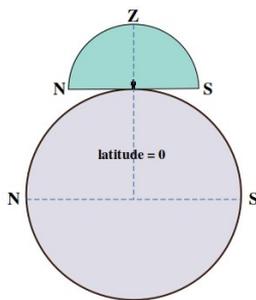


Fig. 6a

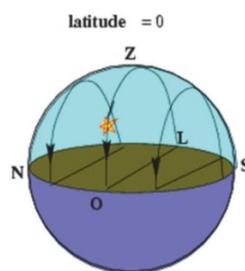


Fig. 6b

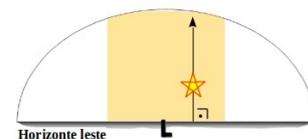


Fig. 6c

Figura 6 - Representação do hemisfério celeste visível para um observador situado em um ponto do equador terrestre (Fig. 6a) e o arco descrito pela trajetória do Sol em seu movimento diário, para este observador, em uma perspectiva tridimensional (Fig. 6b), bem como sua representação bidimensional (Fig. 6c), na qual se considera o observador de frente para o horizonte leste. A letra “Z”, nas Figuras 6a e 6b, representa o zênite: ponto de intersecção entre a vertical local e a esfera celeste, exatamente acima da cabeça do observador.

É importante notar também que, para esse observador no equador da Terra, metade da trajetória diária descrita pelo Sol (bem como pelas estrelas), em relação ao seu referencial local, ficará acima do horizonte e metade abaixo, em qualquer época do ano, pois o plano do horizonte dividirá exatamente ao meio esta trajetória circular aparente, o que significa que a duração do dia (Sol acima do horizonte) será igual à da noite (Sol abaixo do horizonte): 12 horas, ao longo de todo o ano. Além disso, à medida que a esfera celeste descreve seu giro diário, toda ela será visível para esse observador no equador. Ele terá acesso visual a todas as direções do Universo, para ele não haverá estrelas circumpolares, pois todas nascem e se põem (Bedaque & Bretones, 2016).

⁸ Devido à posição da eclíptica na esfera celeste, esse deslocamento, na direção norte-sul, será maior nas épocas próximas dos equinócios e praticamente nulo nos dias próximos aos solstícios.

Por outro lado, para um observador situado em um dos hemisférios, sul ou norte, da Terra, onde a latitude se situa entre 0° e 90° , o movimento do Sol se dará sob uma perspectiva diferente.

No exemplo apresentado na Figura 7, para um observador localizado no hemisfério sul da Terra, numa latitude ϕ , o Sol descreverá um arco inclinado em relação ao plano do horizonte (Fig. 7b). Neste caso, uma representação bidimensional deste movimento pode ser descrita a partir de um segmento de reta inclinado em relação à normal ao plano do horizonte (Fig. 7c), cuja inclinação, assim como a altura do polo celeste visível, será igual ao valor da latitude do observador. Essa será a trajetória do Sol no céu para um observador situado, por exemplo, na cidade de Vitória, ES, uma vez que esta cidade está situada, aproximadamente, na latitude de 20° sul. Novamente, a faixa amarela na Figura 7c representa a variação na posição da trajetória diária do Sol ao longo do ano, devido ao seu movimento anual na esfera celeste.

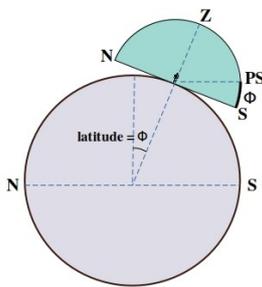


Fig. 7a

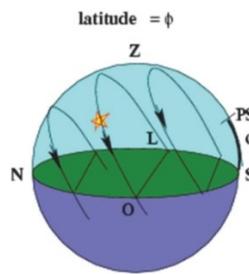


Fig. 7b

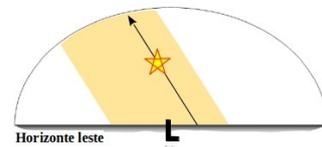


Fig. 7c

Figura 7 - Representação da esfera celeste visível para observador em algum ponto situado no hemisfério sul (Fig. 7a) e o arco descrito pela trajetória do Sol, para este observador, em uma perspectiva tridimensional (Fig. 7b), bem como sua representação bidimensional (Fig. 7c), na qual se considera o observador de frente para o horizonte leste. A letra “Z” representa o zênite e “PS” o polo sul celeste.

Quanto à duração dos dias e noites, note que agora o plano do horizonte não cortará os arcos diários descritos pelos astros na esfera celeste da mesma maneira, deixando metade acima, metade abaixo do horizonte, como no caso de um observador situado no equador. No exemplo apresentado na Figura 7, podemos perceber que, para um observador situado no hemisfério sul da Terra, astros situados ao sul do equador celeste terão mais de metade da sua trajetória diária acima do horizonte (Fig. 7b). Quanto mais ao sul, maior a porção da trajetória acima do horizonte. As estrelas bem próximas ao polo sul celeste, inclusive, terão suas trajetórias inteiramente acima do horizonte, ou seja, serão circumpolares. Por outro lado, quanto mais ao norte do equador, menor será a porção acima do horizonte. As estrelas mais próximas do polo norte celeste jamais serão visíveis, permanecendo sempre abaixo do horizonte. Para um observador que esteja no hemisfério norte da Terra, algo equivalente acontecerá: quanto mais ao norte o astro se encontrar na esfera celeste, maior será a fração da sua trajetória diária que ficará acima do horizonte, e, quanto mais ao sul, menor ela será. Apenas um astro que esteja exatamente sobre o equador celeste terá metade de sua trajetória diária acima, metade abaixo do horizonte, para observadores de qualquer latitude (à exceção dos polos!), nos hemisférios sul ou norte, pois o plano do horizonte sempre cortará o equador celeste ao meio, não importando a latitude do observador.

E o que isso significa se consideramos a duração dos dias e noites ao longo do ano? Ora, como vimos, devido ao seu movimento anual na eclíptica, o Sol se encontra cerca de metade do ano ao norte e metade ao sul do equador celeste. Portanto, para um observador no hemisfério sul da Terra, quando o Sol estiver ao sul do equador celeste – o que acontece a partir do equinócio de setembro até o de março –, mais de metade da sua trajetória diária ficará acima do horizonte, o que significa que o dia terá uma duração maior do que 12 horas, ou seja, os dias serão maiores que as noites! Como já foi dito anteriormente, isso também quer dizer que o Sol iluminará e aquecerá mais o hemisfério sul terrestre, e teremos as estações da primavera e verão neste hemisfério. Por outro lado, quando o Sol estiver ao norte do equador celeste, nas estações de outono e inverno para esse observador no hemisfério sul da Terra, menos de metade de sua trajetória diária ficará acima do horizonte e, portanto, a duração do dia será menor que 12 horas, ou seja, as noites serão maiores que os dias! Apenas nos equinócios, quando o Sol estiver passando exatamente sobre o equador celeste, metade de sua trajetória diária será acima, metade abaixo do horizonte, e o dia e a noite terão a mesma duração, de 12 h, em qualquer ponto, seja do hemisfério sul ou norte da Terra. Nos dias dos solstícios, quando o Sol atinge o máximo afastamento ao sul ou ao norte do equador, ocorrerão os dias em que a duração do dia, ou da noite, será a maior de todo o ano.

Por fim, para um observador situado em um dos polos da Terra, o plano do horizonte cortará a esfera celeste exatamente sobre o equador celeste, o seja, o equador celeste estará sobre o círculo do horizonte. Esse observador verá apenas o hemisfério celeste correspondente ao terrestre em que ele se encontra (Fig. 8a), o hemisfério oposto permanecerá sempre abaixo do seu horizonte, invisível a ele. A trajetória diária do Sol corresponderá, então, a círculos paralelos ao horizonte (Figura 8). Isso quando ele estiver acima do horizonte, ou seja, durante o período do ano em que o Sol se encontra no hemisfério celeste correspondente ao hemisfério terrestre em cujo polo o observador se encontra. No restante do ano, quando o Sol estiver no hemisfério celeste oposto, que será invisível a este observador, o Sol nunca ficará acima do horizonte. Na Figura 8c, a faixa amarela novamente representa a variação na posição da trajetória diária do Sol devido ao seu movimento anual, durante a metade do ano em que permanecerá acima do horizonte.

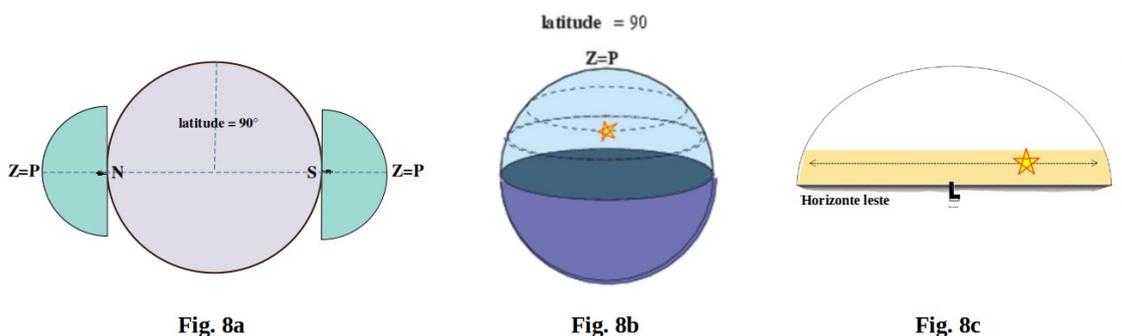


Figura 8 - Representação da esfera celeste visível para observador em um dos polos da Terra (Fig. 8a) e a trajetória do Sol, para este observador, em uma perspectiva tridimensional (Fig. 8b), bem como sua representação bidimensional (Fig. 8c). A letra “Z” representa o zênite e “P” o polo celeste visível para o observador, os quais, neste caso, coincidem.

Quanto à duração dos dias e noites, esse observador em um dos polos presenciará algo *sui generis*: o dia (Sol acima do horizonte) durará metade do ano – todo o tempo em que o Sol estiver situado no hemisfério celeste correspondente ao terrestre desse observador – e a noite durará a outra metade, ou seja: haverá seis meses de dia e seis meses de noite!

Após essas explicações sobre como se dá o movimento aparente do Sol no céu, na próxima seção será apresentado o relato das duas atividades investigativas abordadas neste artigo, nas quais foram propostas questões aos estudantes sobre a trajetória diária do Sol e a duração dos dias e noites ao longo do ano. As explicações aqui expostas ajudarão no relato e discussão dessas atividades e no esclarecimento de quais seriam as respostas corretas às questões propostas aos estudantes.

3 Elaboração e Aplicação das Atividades Investigativas sobre o movimento aparente do Sol e a duração dos dias e noites

O minicurso que incluiu as atividades investigativas acerca do movimento diário do Sol e sua variação ao longo do ano foi aplicado no mês de outubro de 2017, com carga horária de dezesseis horas, a um grupo de trinta alunos do curso de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas da UFES. As atividades foram realizadas em uma sala de aula com capacidade para quarenta alunos, contendo um quadro branco com um projetor de vídeo integrado.

A coleta de dados e o registro do desenvolvimento das atividades foram feitos por meio de vídeo, áudio, da aplicação de questionários⁹ e de anotações feitas pelo professor em um diário de aula. O registro em vídeo foi feito por meio de uma câmera digital posicionada junto ao quadro branco, em um ângulo que possibilitasse a visualização do maior número de alunos da sala. Para o registro em áudio, foi utilizado um aparelho celular, posicionado próximo ao único notebook que havia na sala, utilizado pelo professor para realizar as projeções com o *software* Stellarium e que, durante a segunda atividade, também foi utilizado pelos próprios alunos para manipularem o Stellarium. Contudo, a principal forma de registro e coleta de dados ocorreu por meio das respostas dos alunos – na forma de textos e/ou desenhos – aos questionários contidos nas folhas de atividades e as anotações do professor¹⁰ em um diário de aula, composto por um bloco de anotações específico para cada atividade aplicada. Nesse diário eram registrados fatos como: diálogos, expressões e reações dos alunos e o envolvimento deles em cada etapa da atividade, bem como sobre a própria mediação do professor na condução das atividades investigativas, fazendo uma autoanálise, buscando avaliar se esta mediação estava ocorrendo conforme as orientações metodológicas de um ensino por investigação, em especial as propostas por

⁹ Por se tratar da concessão de imagem e dados dos alunos, antes de se iniciar o registro das atividades foi repassado, a cada um deles, um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), contendo instruções para participação no minicurso, bem como um termo para assinatura do aluno e devolução ao pesquisador. Na primeira aula, todos os alunos espontaneamente assinaram e devolveram o TCLE.

¹⁰ Feitas a cada “pausa” do professor na condução das atividades (ex.: em momentos onde era necessário aguardar os alunos registrarem suas respostas na folha de atividades e/ou discutirem acerca destas em grupo) e ao final de cada aula.

Azevedo (2006), no que se refere à aplicação de atividades do tipo “demonstração investigativa” e “laboratório aberto”.

As atividades aqui relatadas foram desenvolvidas em um primeiro minicurso, realizado em 2017, que serviu de piloto para um segundo minicurso, aplicado em 2018, como parte do mesmo projeto de mestrado (Vidigal, 2019). Nesse primeiro minicurso, estruturado em cinco módulos, foi adotada uma organização de conteúdos “do macro para o micro” (Longhini, 2009), de acordo com sua natureza mais ou menos abrangente, iniciando com uma abordagem sobre o Universo como um todo, por considerá-lo um macroconteúdo, até a Terra e suas características físicas, considerando-a um conteúdo menos abrangente. De acordo com essa organização, a abordagem do movimento aparente do Sol, conforme visto da superfície da Terra, num referencial local, seria abordada na penúltima aula de uma forma apenas expositiva.

Contudo, na primeira aula houve aplicação de um questionário inicial de autoavaliação em que se solicitava que cada estudante atribuisse uma nota de 0 a 10 quanto ao seu grau de conhecimento sobre os principais tópicos de Astronomia, indicados pela BNCC, a serem abordados na disciplina de Ciências, no Ensino Fundamental, sendo que o primeiro tópico indicado neste questionário foi justamente o “Movimento do Sol no céu” (Vidigal, 2019, p. 187).

No momento seguinte à aplicação do questionário, ocorreu uma conversa entre o professor (P) e os alunos (A) acerca das respostas destes à autoavaliação e seus conhecimentos iniciais sobre Astronomia. Em especial, numa discussão quanto ao grau de conhecimento deles acerca do tópico “Movimento do Sol no céu”, ocorreu o seguinte diálogo, registrado no diário de aula do professor:

Eu (P) perguntei aos alunos (A):

P: - “Onde nasce o Sol?”

Os alunos quase que instantaneamente, e unanimemente, responderam:

A: - No leste.

Então eu disse:

P: - “Ok! No leste! E para onde fica o leste?”

Neste momento, respondendo à pergunta, praticamente cada aluno apontou para uma direção distinta. E daí ocorreu uma cena curiosa: no segundo seguinte em que cada aluno apontou em uma direção distinta, querendo indicar a direção leste, eles riram uns dos outros pela confusão ao descreverem esta referência. De repente uma das alunas argumentou com a turma:

A: - “Gente, o leste fica na direção da praia!”.

Neste momento, novamente fiz uma intervenção, dizendo:

P: - “Ok! Para nós, observadores situados em Vitória, no Espírito Santo, de fato o leste fica na direção da praia. Mas para qual direção está a praia?”.

Os alunos novamente apontaram em direções distintas e mais uma vez começaram a rir uns dos outros (Diário de aula, 04/10/2017).

Esse diálogo, em virtude da dúvida e envolvimento dos alunos ao tentar responder a simples pergunta de onde nasce o Sol, fez com que o professor percebesse a pertinência de propor uma atividade investigativa a esse respeito, que abordasse justamente a questão da posição de nascimento do Sol, de sua relação com o ponto cardinal leste, que também poderia ser associada à observação do céu ou, mais especificamente, à questão de qual seria o movimento do Sol no céu, com relação ao horizonte do observador, após o seu nascimento e antes do seu ocaso.

A atividade então elaborada e aplicada na penúltima aula consistiu numa “demonstração investigativa” (Azevedo, 2006), a qual teve como objetivo abordar e investigar qual é o movimento diário do Sol no céu, buscando descrever, por meio de desenho, qual seria sua trajetória ao nascer e se pôr, tendo como referência os pontos cardeais leste (sendo identificado por um horizonte sem objetos, representando o mar) e oeste (contendo diversos objetos, representando a cidade, local onde ocorre o ocaso para um observador situado em Vitória) (Figuras 9 e 10).

Inicialmente, como forma de proposição do problema e registro das concepções iniciais dos estudantes, foi solicitado a eles que formassem grupos, de aproximadamente três alunos. Ao se agruparem, totalizando dez grupos de alunos, foi então distribuída uma folha de atividades (atividade 3, Figura 9) a cada um deles.

Nessa folha eram propostas as seguintes questões:

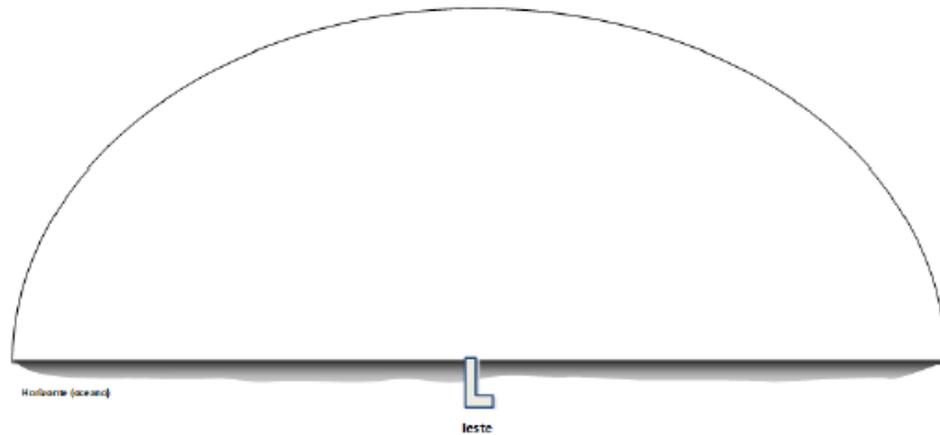
1. Desenhar a trajetória do Sol ao nascer, em relação ao horizonte leste, considerando um observador situado na cidade de Vitória;
2. Desenhar a trajetória do Sol no ocaso, com relação ao horizonte oeste, para este mesmo observador.

Na Figura 10, destacamos duas respostas (duas folhas de atividades) dos alunos, indicando suas concepções com relação à trajetória ascendente do Sol no horizonte leste, caracterizado pela ausência de árvores, uma vez que, para um observador situado no Espírito Santo, a praia pode ser uma referência para a identificação da direção leste; assim como a trajetória do Sol até o seu ocaso no horizonte oeste, este último caracterizado por um horizonte contendo uma paisagem, que tipifica o horizonte oeste para este mesmo observador.

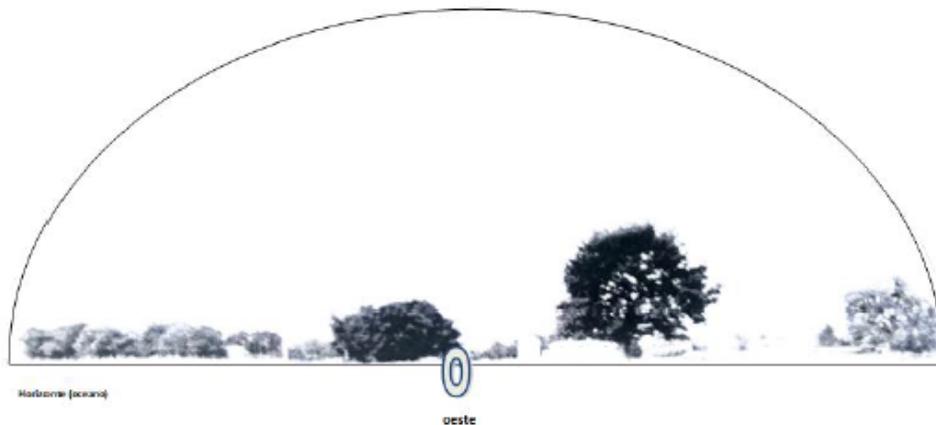
ATIVIDADE 3:

MOVIMENTO APARENTE DO SOL

Utilizando o quadro abaixo descreva a trajetória do Sol ao nascer, em relação ao Horizonte Leste. Considerando um observador situado na cidade de Vitória.



Ao pôr do Sol, conhecido também como "ocaso", qual a trajetória descrita pelo Sol, em relação ao horizonte oeste, para o mesmo observador?



Compare a descrição deste movimento, feita por você, com a demonstração feita pelo professor, em sala de aula, e discutam acerca deste fenômeno.

Figura 9 - Folha da Atividade 3, distribuída aos alunos para registro de suas concepções iniciais acerca da posição de nascimento e ocaso do Sol e sua trajetória com relação ao horizonte.

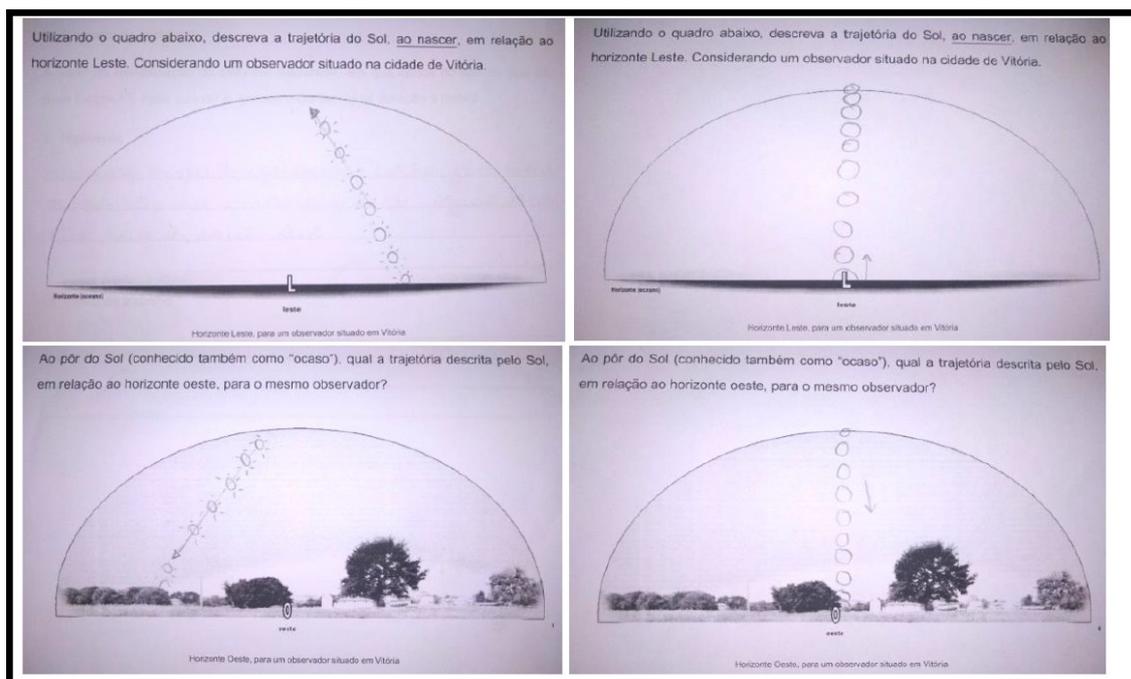


Figura 10 - Exemplo de respostas iniciais dos estudantes para as posições de nascimento e ocaso do Sol e de sua trajetória com relação ao horizonte.

Inicialmente, cada aluno registrou suas concepções prévias acerca deste movimento em sua própria folha. Em seguida, foi solicitado que discutissem acerca de suas representações em seus respectivos grupos. Por meio da troca de ideias e argumentação, eles deveriam elaborar uma única representação que fornecesse uma ideia geral da resposta daquele grupo à atividade proposta, seja por meio de um desenho já feito por um dos integrantes do grupo, ou mediante um novo registro em desenho de uma possível ideia inédita surgida no grupo. Enquanto todos os grupos de alunos discutiam e registravam suas respostas, o professor preparava o projetor multimídia para projetar no quadro branco, que havia na sala, o *software* Stellarium (Stellarium.Org, 2020) para a etapa de demonstração investigativa e apresentação de uma simulação do movimento diário do Sol ao nascer e se pôr.

Em seguida, simulamos o céu, utilizando o Stellarium. No momento exatamente antes da ocorrência do nascimento do Sol no dia em que a atividade estava sendo realizada (23 de outubro de 2017), pausamos a simulação para discussão com os alunos acerca das respostas indicadas por eles.

Como forma de debater e problematizar as respostas iniciais dos estudantes, a primeira pergunta que fizemos foi acerca de onde (no horizonte leste) ocorreria o nascimento do Sol.

As respostas dos grupos de alunos foram, então, marcadas no quadro branco (onde estava sendo projetado o Stellarium), conforme os apontamentos feitos por eles. Observamos que a maioria indicou o nascimento do Sol exatamente sobre o ponto cardinal leste (Figura 11) – resultado semelhante ao indicado por outros autores, que relatam ser muito comum, entre as pessoas, incluindo estudantes e professores, a concepção alternativa de que o Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste todos os dias (Langhi, 2011; Bedaque & Bretones, 2016). Conforme

exposto na seção anterior deste artigo, isso não acontece. Devido ao movimento anual do Sol na eclíptica, há uma grande variação na sua posição de nascimento e ocaso junto ao horizonte ao longo do ano (Figura 5).

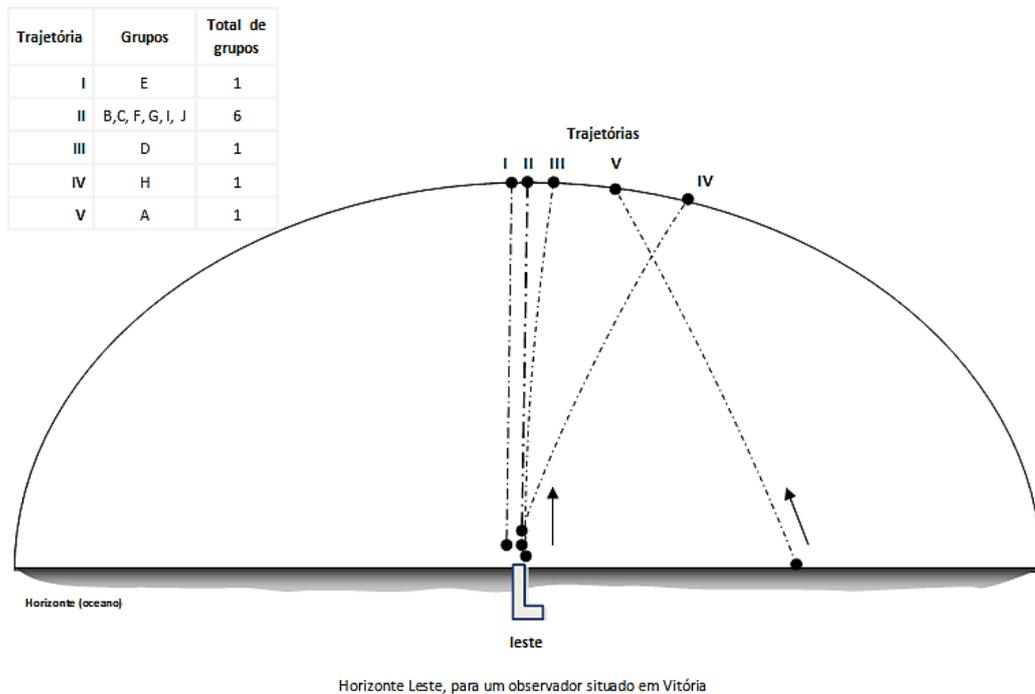


Figura 11 - Classificação das respostas (I, II, III, IV e V) dos dez grupos de alunos (representados pelas letras A, B, C, ..., J) acerca da trajetória de ascensão do Sol no horizonte leste.

Demos, então, continuidade à simulação do nascer do Sol e a pausamos novamente no momento exato após o Sol nascer, sobre o horizonte leste, mas este não nasceu exatamente sobre o ponto cardeal. Ao se darem conta deste fato, houve uma série de discussões entre os alunos. Acreditamos que, neste momento, tenha ocorrido um conflito cognitivo acerca deste fenômeno, uma vez que parte dos alunos olhou para seu próprio registro, comparando com o que estava sendo projetado, e, ao tentar explicar, de alguma forma, a inconsistência entre o que previram e o fenômeno observado, não souberam descrever, de imediato, o porquê desta inconsistência. Outros alunos, por sua vez, conversavam entre si, buscando uma justificativa para o fato de o Sol não nascer exatamente sobre o ponto cardeal. Foi necessária uma intervenção do professor, solicitando que os alunos, e grupos, se manifestassem a todos os alunos da turma – uma vez que estavam iniciando uma discussão apenas entre seus pares – para valorizar o debate com a turma acerca das inconsistências observadas e anotassem suas hipóteses acerca da razão de o Sol não ter nascido exatamente sobre o ponto cardeal, conforme haviam previsto.

Ainda sem dar respostas à indagação anterior, prosseguimos com a demonstração investigativa, com o *software* ainda pausado, perguntando aos alunos qual seria a trajetória (de ascensão) descrita pelo Sol a partir de seu nascimento, conforme indicaram na folha da atividade.

A partir das respostas dos alunos, classificamos os resultados conforme indicado no Quadro 1.

LOCAL DO NASCIMENTO	EM RELAÇÃO À NORMAL AO HORIZONTE		SENTIDO DA INCLINAÇÃO	Nº DE RESPOSTAS	IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS
	TRAJETÓRIA DE ASCENSÃO	INCLINAÇÃO			
À ESQUERDA DO PONTO CARDEAL LESTE	VERTICAL	NENHUMA (0°)	-	1	E
	INCLINADA	LEVE (ATÉ 15°)	NORTE	0	-
			SUL	0	-
		ACENTUADA (15° A 30°)	NORTE	0	-
SUL	0		-		
SOBRE O PONTO CARDEAL LESTE	VERTICAL	NENHUMA (0°)	-	6	B, C, F, G, I, J
	INCLINADA	LEVE (ATÉ 15°)	NORTE	0	-
			SUL	1	D
		ACENTUADA (15° A 30°)	NORTE	0	-
SUL	1		H		
À DIREITA DO PONTO CARDEAL LESTE	VERTICAL	NENHUMA (0°)	-	0	-
	INCLINADA	LEVE (ATÉ 15°)	NORTE	0	-
			SUL	0	-
		ACENTUADA (15° A 30°)	NORTE	1	A
SUL	0		-		

Quadro 1 - Categorização das respostas dos alunos à Atividade 3 (Figura 9), acerca da trajetória de ascensão do Sol junto ao horizonte leste, para um observador situado na cidade de Vitória, ES, voltado de frente para este horizonte.

Após todos os grupos apontarem a possível trajetória do Sol, retomamos a simulação e “movemos” lentamente os astros do céu em uma velocidade que nos permitiu demarcar no quadro branco a trajetória do Sol, utilizando um pincel, à medida que este ascendia no horizonte leste.

Os alunos ficaram surpresos com o fato de o Sol não ascender paralelamente à normal ao horizonte leste, conforme previsto pela maioria deles (Figura 11), mas em uma trajetória inclinada em relação à normal ao horizonte. Pausamos novamente a simulação e questionamos os alunos acerca deste fato. Eles não souberam responder o porquê deste fenômeno. Conforme explicado na seção 2, isso se deve ao fato de o plano de horizonte ser sempre tangente à superfície da Terra, o que faz com que apenas no equador as trajetórias diárias das estrelas e do Sol, ao nascer e se pôr, sejam na direção perpendicular à linha do horizonte (Figura 6). Nos polos as trajetórias são paralelas ao horizonte (Figura 8) e, em todas as outras latitudes, a trajetória será sempre inclinada. No caso da cidade de Vitória, que fica no hemisfério sul, a inclinação será no sentido do norte (Figura 7). É interessante notar que, de acordo com os dados apresentados no Quadro 1, apenas o grupo A indicou corretamente a inclinação e seu sentido em sua resposta inicial. A indicação do ponto de nascimento do Sol feita por esse grupo, à direita do leste, também é a correta considerando-se que a resposta tenha sido dada com base na data de realização da atividade, que foi no dia 23 de outubro. Essa data é posterior ao equinócio de primavera para o hemisfério sul, que em geral ocorre no dia 23 de setembro, o que significa que o Sol, em sua trajetória anual na eclíptica, na data em que a atividade foi realizada, se encontrava no hemisfério sul celeste, ou seja, ao sul do equador celeste (Figura 4) e, portanto, nascendo à direita do ponto cardeal leste para um observador que esteja de frente para este ponto, lembrando que o equador celeste sempre corta o círculo do horizonte exatamente nos pontos cardiais leste e oeste. Contudo, como o enunciado da questão não se referia explicitamente à data em que a indicação da trajetória do Sol ao nascer deveria ser representada, respostas que indicassem o Sol nascendo à esquerda, ou no próprio ponto leste, não poderiam ser

consideradas erradas, apenas corresponderiam a outras épocas do ano, mas, em todas elas – é importante ressaltar – a trajetória diária do Sol ao nascer sempre terá uma inclinação para o norte (para a esquerda, no caso de um observador de frente para o leste), pois o observador se encontra no hemisfério sul da Terra. Para esse observador, será o polo sul celeste que estará visível, acima do horizonte, e o polo norte celeste estará sempre invisível, abaixo do horizonte.

A fim de mediar a resposta a esse problema, perguntamos aos alunos se em todos os locais no planeta Terra a trajetória do Sol no céu seria a mesma. Um dos alunos, então, argumentou que no polo Sul deveria ser diferente, uma vez que nesta região há um longo período de incidência solar, ou de ausência dessa luz, durante o ano.

Como forma de investigar essa afirmação, abrimos a janela de localização no Stellarium e simulamos o movimento aparente do Sol no céu para um observador situado no polo sul da Terra. Os alunos puderam, então, constatar o fato, apontado pelo colega, de que, para um observador situado bem próximo aos polos, a trajetória diária descrita pelo Sol é praticamente paralela ao horizonte, em geral sem nascer ou se pôr no mesmo dia.

Em seguida, ainda com o Sol movendo-se lentamente na simulação, encerramos a demonstração abrindo a janela de localização novamente, mudando gradativamente a posição da latitude do observador e retornando sua localização para Vitória, ES, mantendo-se a longitude, e perguntamos aos alunos se a trajetória do Sol teria alguma relação com a posição do observador na Terra.

Por meio da simulação, aparentemente todos perceberam que existia essa relação: para uma localização próxima ao polo, a trajetória era quase paralela ao horizonte e, à medida que a latitude se reduzia e o ponto de observação se aproximava do equador, a trajetória inclinada tendia a se aproximar cada vez mais da perpendicular ao horizonte.

Assim, foi possível relacionar, qualitativamente, a posição do observador na Terra e a inclinação, com relação ao horizonte, da trajetória diária descrita pelo Sol no céu, devido a uma mudança na orientação do plano do horizonte do observador, sempre tangente à superfície da Terra. Isso pode ser bem visualizado por meio de um modelo tridimensional em que a Terra é representada por uma bola de isopor, como proposto por Canalle (1999), modelo com o qual já havíamos trabalhado com a turma, no mesmo dia, na aula anterior à da realização dessa demonstração investigativa.

Por fim, foi solicitado que os alunos anotassem suas observações acerca deste fenômeno e então encerramos a atividade. Destacamos, na Figura 12, a resposta de um grupo que utilizou a mesma folha da atividade para registrar suas anotações após a realização da demonstração investigativa.

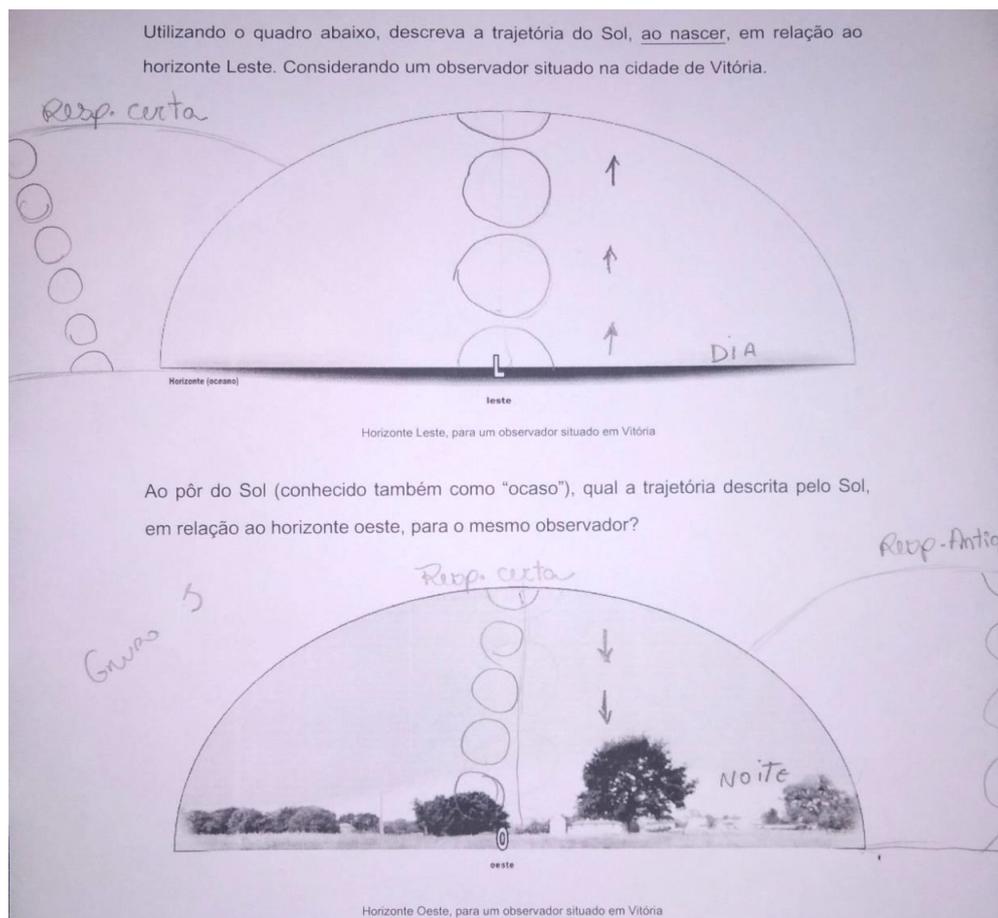


Figura 12 - Respostas acerca do nascimento e ocaso do Sol, após a demonstração investigativa.

Após a realização dessa demonstração investigativa, apresentamos à turma as principais funcionalidades do *software* Stellarium a fim de realizarmos uma nova atividade, numa forma semelhante à de um “laboratório aberto” (Azevedo, 2006), na qual os próprios alunos planejarão e realizarão o experimento. No nosso caso um experimento virtual, por meio de uma simulação do movimento do Sol em diferentes dias do ano, utilizando o Stellarium. Após a realização da primeira atividade, foi feito um intervalo de aproximadamente vinte minutos.

Nesta segunda atividade, solicitamos que os alunos novamente se organizassem em grupos. Eles então se organizaram, espontaneamente, em seis grupos, porém com quantidades diferentes de alunos, sendo: grupo A, cinco alunos; grupo B, onze alunos; grupo C, três alunos; grupo D e F, dois alunos; e um único aluno, que não quis participar de nenhum grupo, ao qual denominamos de Grupo E. Embora a divisão dos grupos pudesse ter sido mais homogênea, limitada ao número de até cinco alunos, todos eles participaram ativamente da proposta.

A ideia da nova atividade era dar continuidade à investigação acerca do movimento aparente do Sol no céu, buscando abordar não apenas como se dá este movimento num dado dia específico, mas como ele variaria ao longo do ano, produzindo fenômenos como o da variação na duração dos dias e noites, mudança da posição de nascimento e ocaso do Sol no horizonte e a sucessão de estações do ano.

Buscando abordar mais diretamente o primeiro desses fenômenos, a questão proposta à turma pelo professor foi:

1. A partir da manipulação do *software* Stellarium, em que época do ano os dias são mais longos? E mais curtos? E quando o dia tem igual duração que a noite?

Solicitamos que eles, antes de utilizarem o *software*, realizassem as etapas de apresentação de hipóteses e plano de trabalho.

Na folha da atividade distribuída para cada grupo, havia uma tabela (Figura 13) para que fossem anotados os horários de: nascimento do Sol; passagem pelo zênite (ou o mais próximo dele); ocaso do Sol; duração do dia e duração da noite num dado dia fixo do mês (por exemplo: 15/01; 15/02; 15/03 etc..), ao longo de todos os meses do ano, para um observador situado em Vitória, ES. Os dados a serem preenchidos na tabela deveriam ser colhidos pelos próprios grupos de alunos, por meio do Stellarium.

Data da observação	Horário, aproximado, do(a)			Tempo, aproximado, de(a)	
	Nascimento do Sol	Passagem pelo zênite (ou o mais próximo)	Ocaso do Sol	Duração do dia	Duração da noite
___ / jan					
___ / fev					
___ / mar					
___ / abr					
___ / mai					
...					

Figura 13 - Planilha, distribuída aos grupos, para preenchimento com os horários de nascimento e ocaso do Sol, de sua passagem próximo ao zênite e da duração do dia e da noite, numa mesma data fixa do mês (p. ex., dia 15), ao longo dos 12 meses do ano.

Durante a manipulação do *software*, alguns alunos fizeram perguntas ao professor, como acerca do fato de o Sol não passar pelo zênite em todos os dias e sobre a variação dos dias e das noites no decorrer do ano. Porém, nesta etapa, o professor evitou dar respostas, deixando que os alunos discutissem entre eles suas dúvidas, apenas atuando na orientação dos alunos quanto à operação do *software* e a coleta de dados.

Notamos que, praticamente, não houve dificuldade, por parte dos alunos, na manipulação do Stellarium para obtenção dos horários de nascimento e ocaso do Sol. Contudo, devido à limitação de contarmos com apenas um computador (*notebook*) para ser manipulado pelos estudantes, foi necessário efetivar um rodízio entre os grupos para a coleta de dados, o que demandou um tempo maior que o desejável. Um dos grupos não teve tempo de preencher completamente a tabela de dados e houve um comprometimento da etapa final, de discussão entre os grupos e busca de uma síntese acerca do fenômeno, verificando a validade, ou não, das hipóteses iniciais, explorando também algumas de suas consequências e outros fenômenos associados, como o da mudança da posição do Sol ao nascer e se pôr e as estações do ano.

No Quadro 2, a seguir, sintetizamos as anotações feitas pelos grupos na folha da atividade e observações feitas pelos autores acerca das hipóteses, análises e conclusões de cada grupo.

Problema proposto: A partir da manipulação do software Stellarium, em que época do ano os dias são mais longos? E mais curtos? E quando o dia tem igual duração que a noite?		Análise a tabela e descreva algumas observações acerca dos dados.	A partir da manipulação do software Stellarium, foi possível chegar aos resultados da proposta do problema?	Observações dos autores desta pesquisa: um comparativo entre as hipóteses apresentadas pelos grupos e a análise e conclusão destes, após a realização da atividade investigativa.
Hipóteses Iniciais		Análise	Conclusão	
Grupo A	Os dias mais longos são no verão, já os mais curtos são inverno e os de igual duração são os equinócios.	No decorrer do ano a duração do dia e noite variam, os dias se tornam mais curtos a partir de março, mas em agosto já volta a ser longo. Isso se deve a mudança de inclinação do eixo da Terra que muda a incidência dos raios solares.	Sim, pois pudemos notar que o sol muda sua rota no decorrer do ano	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A análise reafirma a hipótese ✓ Associação a estações do ano ✓ Maior descrição da ocorrência do fenômeno ✓ Indicação da possível causa do fenômeno.
Grupo B	Não respondeu	No inverno há dias mais curtos e dias mais longos no verão. Em março e setembro o dia dura aproximadamente 12 horas.	Não respondeu	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Associação a estações do ano ✓ Identificação da ocorrência do fenômeno
Grupo C	Por causa do movimento de translação da Terra e da inclinação do planeta, nós recebemos intensidades diferentes de luz ao longo do ano, tendo dias mais longos em alguns meses e noites mais longas em outros.	O dia é mais longo nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, e novembro, isto é, nos meses de verão. Já a noite é mais longa nos meses de maio, junho, julho e agosto, os meses de inverno.	Sim, de acordo com os resultados, os dias mais longos são dos meses de verão e os mais curtos, ou seja, com as noites mais longas, são dos meses de inverno. Não há nenhum mês em que o dia e a noite possuem durações iguais.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A análise reafirma a hipótese ✓ Maior descrição da ocorrência do fenômeno ✓ Conceção alternativa quanto aos equinócios ✓ Indicação da possível causa do fenômeno.
Grupo D	Os dias são mais longos no verão, mais curtos no inverno, e de aproximada igual duração nos equinócios (primavera e outono).	Dias longos de outubro a março Noites longas de abril a agosto Dias de duração mediana nos demais	Sim, pois ficou evidente a correlação entre a duração e a posição da terra em relação ao sol (estações do ano relacionadas ao movimento de translação da terra).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A análise reafirma a hipótese ✓ Maior descrição da ocorrência do fenômeno
Grupo E	Por causa da passagem pelo zênite	Os dias são maiores em dezembro, novembro e janeiro. Já em maio, junho, julho e agosto ocorre o oposto, a noite tem maior duração. Em setembro e outubro o dia e a noite têm quase a mesma duração	No inverno o arco está mais próximo do horizonte, nasce e logo se põe. No verão o arco descreve uma trajetória maior, por isso o dia é mais longo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A análise reafirma a hipótese ✓ Descrição da ocorrência do fenômeno ✓ Indicação da possível causa do fenômeno.
Grupo F	A inclinação da Terra atua veementemente para estas singularidades. No verão há maior propensão à radiação solar e no inverno ao contrário.	Não respondeu	Não respondeu	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indicação da possível causa do fenômeno.

Quadro 2 - Respostas dos alunos registradas na folha da atividade e observações dos autores acerca das hipóteses, análises e conclusões de cada grupo.

A partir dessas anotações, foi possível perceber que, dos seis grupos, três consideraram que os dados colhidos confirmaram sua hipótese inicial, na qual consideravam que haveria associação entre a duração do dia e as estações do ano (dias mais longos no verão, mais curtos no inverno e igual duração nos equinócios) ou com o movimento de translação da Terra e a sua “inclinação do eixo” ou a “inclinação do planeta” (sem, contudo, indicar claramente que a inclinação seria do eixo de rotação da Terra com relação ao plano de sua órbita). Um dos grupos pareceu fazer uma associação correta, tanto em sua hipótese inicial como na conclusão, entre a variação na duração do dia e a trajetória diária aparente do Sol, que se situava mais, ou menos, próxima ao zênite ou ao horizonte, ao longo do ano. Um dos grupos não anotou sua conclusão, embora, na hipótese inicial, tenha indicado haver uma relação entre a duração do dia e

as estações do ano (duração maior no verão, menor no inverno) e a “inclinação da Terra”, que parece se referir à inclinação do eixo de rotação do nosso planeta em relação ao plano de sua órbita ao redor do Sol. Um último grupo não anotou nem sua hipótese inicial, nem sua conclusão, mas indicou, no item dedicado à análise dos dados, que há dias mais curtos no inverno, dias mais longos no verão e que, em março e setembro, o dia dura aproximadamente 12 horas.

4 Conclusões

Na primeira atividade, que foi do tipo “demonstração investigativa”, sobre a trajetória do Sol em relação ao horizonte numa data específica do ano, observamos que, antes da demonstração, a maioria dos alunos evidenciou uma concepção alternativa de que o Sol nasce exatamente sobre o ponto cardeal leste, descrevendo uma trajetória ascendente vertical, paralela à normal ao horizonte leste, até passar para o lado oeste do céu, descendo também verticalmente com relação ao horizonte, até o seu ocaso exatamente sobre o ponto cardeal oeste. Esse resultado parece corroborar a constatação, feita por diversos autores, de que é muito comum, tanto entre os estudantes como entre professores da Educação Básica, a concepção alternativa de que o Sol nasce exatamente no ponto cardeal leste e se põe no ponto cardeal oeste todos os dias (Langhi, 2011; Bedaque & Bretones, 2016).

Quanto ao conteúdo, após a realização dessa primeira atividade, desenhos realizados por alguns dos grupos, como o indicado na Figura 12, parecem sugerir que houve uma apropriação conceitual acerca de como ocorre o movimento diário do Sol, bem como sobre a relação desse movimento com a posição do observador na superfície da Terra e o fato de ele não necessariamente nascer no ponto cardeal leste e se pôr no ponto cardeal oeste.

Quanto à metodologia de ensino investigativo utilizada nessa atividade, os resultados obtidos estão em consonância com alguns apontamentos de Azevedo (2006) acerca das contribuições da aplicação de uma demonstração investigativa, uma vez que: evidenciou-se a percepção de concepções espontâneas dos alunos por meio da participação destes nas diversas etapas da resolução de problemas; aproximou-se a atividade de um procedimento de investigação científica, por meio da observação atenta de um fenômeno natural; proporcionou-se maior participação e interação dos alunos em sala de aula; valorizou-se a interação do aluno com o objeto de estudo; valorizou-se a aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdos e possibilitou a criação de conflitos cognitivos em sala de aula.

Já a proposta da segunda atividade, sobre a variação da duração dos dias e noites ao longo do ano, revelou-se acertada com relação às suas possibilidades de participação ativa dos estudantes na obtenção de dados e teste de suas próprias hipóteses, seguindo uma metodologia semelhante à de um “laboratório aberto” (Azevedo, 2006), tornando possível um aprofundamento da investigação do movimento diário do Sol, dessa vez acerca de como este movimento varia ao longo do ano. Contudo, na implementação dessa aplicação piloto, conforme citado anteriormente, houve uma limitação em termos de recursos e de tempo disponível para sua aplicação. A possível discussão de outras questões relacionadas ao movimento anual do Sol, além da duração do dia e da noite, que poderiam ter sido melhor exploradas e relacionadas a

essa variação, como a mudança na posição de nascimento e ocaso do Sol no horizonte, sua passagem mais, ou menos, próxima ao zênite e as estações do ano, infelizmente não pôde ser feita com toda a turma, entre os grupos e com a participação do professor como mediador, apenas dentro dos grupos houve discussões nesse sentido.

Contudo, a atividade parece ter contribuído para que alguns estudantes, por meio da visualização oferecida pelo Stellarium, compreendessem bem como se dá a variação do movimento diário do Sol no céu ao longo do ano e sua relação com a duração do dia, como parece ser o caso do estudante que fez a seguinte anotação: “No inverno o arco [trajetória do Sol] está mais próximo do horizonte, nasce e logo se põe. No verão o arco descreve uma trajetória maior, por isso o dia é mais longo”. Conforme apresentado na seção 2 do artigo, numa latitude como a da cidade de Vitória (20° S), é exatamente isso que ocorre: no verão, próximo ao solstício deste estação, a porção do arco diário descrito pelo Sol acima do horizonte é maior, enquanto que, no inverno, no solstício, esse arco é menor e se situa mais baixo, mais próximo do horizonte.

Com relação à metodologia investigativa, essa segunda atividade, apesar de algumas falhas na sua implementação (excesso de alunos em um dos grupos e apenas um computador disponível para uso), também conseguiu promover uma participação ativa dos estudantes, com a prática e aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdos. Os próprios estudantes colheram os dados acerca da duração do dia, buscaram verificar se as hipóteses, levantadas por alguns deles, de que haveria uma variação dessa duração ao longo do ano associada às estações do ano, aos movimentos da Terra ou à passagem mais, ou menos, próxima ao zênite, estariam corretas ou não e realizaram discussões no interior dos grupos sobre esses resultados a fim de extrair conclusões.

Algo que merece ser destacado no desenvolvimento das duas atividades foi o papel essencial que a ferramenta Stellarium desempenhou. No momento em que abrimos e exibimos esse *software* pela primeira vez, foi possível observar que os alunos se surpreenderam com seus recursos e elogiaram sua aparência (*design*). Além de simular o céu e a posição e movimento do Sol, conforme vistos de qualquer ponto da superfície da Terra, em qualquer dia e horário, ele também permite pausar, acelerar ou retroceder a passagem do tempo. Somente graças a esses recursos, típicos de um planetário, foi possível conduzir as investigações propostas, acerca da posição de nascimento do Sol, seu subsequente movimento com relação ao horizonte e a variação desse movimento ao longo do ano.

Nossos resultados corroboram o que é dito por Longhini e Menezes (2010), que identificam o Stellarium como sendo um “objeto virtual de aprendizagem”:

As possibilidades de exploração desse software são inúmeras, tornando-o um valioso objeto de ensino e de aprendizagem para o ensino de Ciências, Geografia e, mais especificamente, no campo da Astronomia [...] Ao se constituir como uma ferramenta aberta e de múltiplas possibilidades, propicia ao professor criar desafios ou questões para explorar temáticas relativas à Astronomia (Longhini & Menezes, 2010, p. 436).

De fato, foi notório o engajamento dos alunos, participando ativamente da produção e análise dos dados obtidos, por eles próprios, ao realizarem as atividades, apoiadas no uso do Stellarium, o que também já foi observado em outras pesquisas na área de Ensino de Astronomia junto a alunos da Educação Básica, como em Neres

(2017) e Silva (2015). Isso nos leva a concluir sobre o potencial desse *software* como um ótimo recurso de apoio ao desenvolvimento de atividades investigativas, possibilitando simular eventos astronômicos – que na natureza levariam horas, dias ou anos – e assim testar eventuais hipóteses levantadas e fazer uma crítica e revisão das concepções iniciais dos estudantes acerca desses fenômenos.

5 Considerações Finais

As atividades relatadas no presente artigo fazem parte de uma aplicação piloto de uma proposta didática para formação inicial de professores de Ciências do Ensino Fundamental em Astronomia (Vidigal, 2019) que busca incorporar diversas atividades baseadas na abordagem do Ensino por Investigação (Zômpero & Laburú, 2011). Isso é feito como forma de familiarizar e estimular os futuros docentes à adoção, com seus futuros alunos, de uma perspectiva de ensino que parece adequada aos dias atuais, envolvendo a participação ativa dos estudantes, a aprendizagem não só de conceitos, mas também de procedimentos característicos da ciência, o desenvolvimento de habilidades cognitivas e senso crítico.

Conforme relatado, embora a segunda atividade tenha apresentado algumas falhas em sua implementação, que resultaram num prejuízo na etapa final de discussão entre os grupos e busca de uma sistematização das conclusões, o conjunto das duas atividades parece ter evidenciado o bom potencial da união entre a abordagem metodológica – o ensino por investigação – e a ferramenta – *software* Stellarium – utilizadas para o ensino do tema do movimento aparente do Sol no céu. Uma descrição mais detalhada de cada uma dessas atividades, incluindo o material utilizado (plano de aula e folhas de questões) se acham disponíveis na dissertação de Vidigal (2019) e em seu produto, a apostila “Astronomia: atividades investigativas para a formação inicial de professores”, que segue como apêndice à dissertação.

Ressaltamos que o conteúdo das duas atividades, com foco na visão topocêntrica, mais ligada à vivência e ao cotidiano das pessoas, conforme já mencionado na introdução, é a mais indicada para o trabalho com as séries iniciais do Ensino Fundamental. Contudo, numa proposta de ensino para formação inicial de professores, é necessário ir além e buscar promover uma articulação desta visão com a visão heliocêntrica. Uma complementa a outra. A partir da consideração dos movimentos da Terra, o modelo heliocêntrico fornece uma excelente explicação científica do que é observado e vivenciado a partir de uma visão da superfície da Terra, e será bem importante que o professor, mesmo ensinando sobre o movimento do Sol no céu a partir de um referencial local, saiba como essas observações se articulam e podem ser bem explicadas pelo modelo científico heliocêntrico. Essa coordenação de pontos de vista, como já mencionamos, não é trivial (Bisch, 1998; Leite, 2006) e deve ser um dos focos de uma formação inicial.

Por fim, considerando a atual popularidade e difusão de concepções “terraplanistas” na mídia, especialmente na internet, que tem motivado análises por parte de pesquisadores da área de ensino (Silveira, 2017; Pivaro, 2019), uma outra possibilidade muito pertinente de desenvolvimento e extensão da discussão associada à primeira atividade aqui relatada, que analisa a trajetória aparente do Sol com relação ao horizonte em seu movimento diário, seria abordar como a variação da inclinação dessa

trajetória do Sol, à medida que se altera a posição (latitude) do observador, pode ser usada como um forte argumento a favor da esfericidade da Terra. Esse ponto poderia ser incluído como uma continuidade da elaboração do problema da atividade: após a demonstração de que a inclinação da trajetória varia com a latitude, poderia se perguntar acerca da causa desta variação, aguardar as hipóteses levantadas pelos alunos, promover um debate sobre elas e, então, dar continuidade à demonstração investigativa utilizando, por exemplo, modelos tridimensionais, um de uma Terra esférica, outro de uma Terra plana.

Usando um modelo tridimensional, com a Terra sendo representada, por exemplo, por uma bola de isopor, seria possível demonstrar que a variação da direção do movimento diário do Sol com relação ao horizonte – paralela ao horizonte nos polos e perpendicular ao horizonte no equador – pode ser bem explicada pelo fato de a orientação do plano do horizonte, sempre tangente à superfície esférica da Terra, ir variando à medida que o ponto de observação se desloca sobre a Terra, ao longo de um meridiano, variando sua latitude. Nesse modelo, o observador poderia ser representado por um alfinete, o plano do horizonte por um pequeno pedaço plano de folha de papel, preso pelo alfinete e tangente à esfera, e o Sol por uma lâmpada. Esse efeito, de variação da inclinação da trajetória do Sol em relação ao horizonte de acordo com a latitude do observador, jamais ocorreria se a Terra fosse plana, pois nela o plano do horizonte e sua orientação seriam sempre os mesmos.

Agradecimentos

Aos estudantes do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) que gentilmente aceitaram participar das atividades do projeto de pesquisa em ensino desenvolvido pelos autores.

Ao professor Carlos Augusto Cardoso Passos, da UFES, por ter gentilmente colaborado e cedido parte do tempo de suas aulas de Física para alunos de Ciências Biológicas para que o projeto fosse aplicado.

Referências

Azevedo, M. C. P. S. (2006). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In Carvalho, A. M. P. (Org). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática* (2a ed., pp. 19-33). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Bedaque, P., & Bretones, P. S. (2016). Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(3), 1-11. Recuperado em 08 jul. 2020, de <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023>

Bedaque, P., & Bretones, P. S. (2020). O Sol está sempre a pino ao meio-dia?. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42. Recuperado em 05 ago. 2020, de <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2019-0025>

- Bisch, S. M. (1998). *Astronomia no Ensino Fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, USP, São Paulo.
- Bisch, S. M. (2012). *Introdução à Astronomia*. Vitória: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância. Recuperado em 26 jul. 2020, de <http://acervo.sead.ufes.br/arquivos/introducao-a-astronomia.pdf>
- Boczko, R. (1984). *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Fundamental. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (5ª a 8ª Série)*. Brasília: MEC. Recuperado em 26 jul. 2020, de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. (2013). *Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica*. Brasília: MEC, 2013. Recuperado em 26 jul. 2020, de http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. Recuperado em 26 jul. 2020, de <http://basenacional.comum.mec.gov.br>
- Canalle, J. B. G. (1999). Explicando Astronomia básica com uma bola de isopor. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 16(3). Recuperado em 05 jul. 2018, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6797/13485>
- Caniato, R. (1993). *O Céu*. São Paulo: Ática.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765-794. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Carvalho, A. M. P. (Org.). (2013). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P., & Gil-Pérez, D. (2011). *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez.
- Ferreira, F. P., & Leite, C. (2015). A forma e os movimentos da Terra: percepções de professores acerca das relações entre observação cotidiana e os modelos científicos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 19, 123-146. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.37156/RELEA/2015.19.123>
- Langhi, R. (2011). Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma articulação nacional. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28 (2), 373-399. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n2p373>

Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>

Langhi, R., & Nardi, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 205-224. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120213>

Leite, C. M. (2006). *Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade*. Tese de doutorado, Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

Longhini, M. D. (2009). O universo representado em uma caixa: introdução ao estudo da astronomia na formação inicial de professores de física. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 7, 31-42. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.37156/RELEA/2009.07.031>

Longhini, M. D., & Menezes, L. D. D. (2010). Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações-problema propostas a partir do software Stellarium. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27(3), 433-448. Recuperado em 25 abr. 2020, de <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n3p433>

Neres, L. B. (2017). *O Stellarium como Estratégia para o Ensino de Astronomia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

Oliveira Filho, K. S., & Saraiva, M. F. O. (2014). *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Livraria da Física.

Pivaro, G. F. (2019). A crença numa Terra plana e os ambientes virtuais: identificando relações e construções de conhecimento. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Natal: ABRAPEC, 12. Recuperado em 26 jul. 2020, de <http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R2128-1.pdf>

Saraiva, M. F. O., Oliveira Filho, K. S., & Muller, A. M. (2014). *Fundamentos de Astronomia e Astrofísica para EAD*. Porto Alegre: UFRGS. Recuperado em 06 ago. 2020, de www.if.ufrgs.br/~fatima/faad.htm

Silva, T. P. (2015). *Nossa posição no Universo: uma proposta de sequência didática para o ensino de Astronomia no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Silveira, F. L. (2017). Sobre a forma da Terra. *Física na Escola*, 15(2), 4-14. Recuperado em 24 abr. 2020, de www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num2/a02-low.pdf

Stellarium.org. (2020). *Stellarium 0.20.1: software de código aberto do tipo planetário*. Recuperado em 24 abr. 2020, de www.stellarium.org/pt_BR/

Varella, I. G. (2003). *Constelações do Zodíaco*. Recuperado em 08 ago. 2020, de www.uranometrianova.pro.br/astrologia/AA001/zodiaco.htm

Vidigal, W. Q. (2019). *Elaboração e aplicação de atividades investigativas na formação inicial de professores da Educação Básica em Astronomia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Recuperado em 13 maio 2020, de www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis/detalhes-da-tese?id=13609

Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 67-80. Recuperado em 26 jul. 2020, de <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>

Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2012). Implementação de atividades investigativas na disciplina de Ciências em escola pública: uma experiência didática. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 675-684. Recuperado em 26 jul. 2020, de www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/181

Artigo recebido em 14/05/2020.

Aceito em 14/05/2020.