

# Determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra: uma atividade prática potencialmente significativa para o ensino de astronomia

Elisa Danda de Oliveira\*, Letícia Zolet\*, Odilon Giovannini†

## Resumo

O presente artigo descreve uma atividade prática para determinar o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra como um recurso didático com potencial para promover a aprendizagem significativa em temas relacionados à astronomia e à Terra. São discutidos alguns tópicos de interesse para a realização da atividade como o movimento aparente do Sol, o ângulo de incidência dos raios solares ao longo do ano e as estações do ano. Apresenta-se os procedimentos e materiais utilizados na medição do comprimento da sombra de um gnômon e, com os dados coletados, a determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação. O artigo é finalizado com uma reflexão acerca da implementação desta atividade no contexto do ensino fundamental e médio.

## Palavras-chave

ensino de astronomia, aprendizagem significativa, eixo de rotação da Terra.

# Estimating the angle of inclination of the Earth's rotational axis: a potentially meaningful practical activity for astronomy education

## Abstract

This article describes a practical activity to estimate the angle of inclination of the Earth's rotation axis as a teaching resource with potential to promote the meaningful learning on topics related to astronomy and Earth science. Some topics of interest for carrying out the activity as the apparent movement of the sun, the angle of incidence of sunlight throughout the year and the seasons are discussed. The procedures and materials used in measuring the length of the shadow of a gnomon, the collected data, and the estimating of the angle of inclination of the rotation axis are presented. The article ends with a reflection on the implementation of this activity in elementary and high school level.

## Keywords

teaching of astronomy, meaningful learning, Earth's rotation axis.

## I. INTRODUÇÃO

A astronomia pode ser considerada uma das mais antigas ciências pois, ao redor do ano 8.000 a.C., os habitantes da região onde atualmente é a Escócia reconheceram os movimentos regulares do Sol e da Lua e, assim, construíram o que é conhecido como o mais velho dos calendários, conforme relatado recentemente por Gaffney e colaboradores [1]. Como o céu é o seu laboratório natural, a astronomia está incorporada em nosso cotidiano de diversas formas seja pelo interesse na

própria ciência ou por razões mais filosóficas e humanistas. Os temas de astronomia, como vida extraterrestre, a busca por planetas extrassolares semelhantes à Terra, a exploração espacial, buracos negros, a expansão do universo e a resposta à pergunta “Estamos sós no universo?” estão entre os assuntos preferidos pelos estudantes e público em geral.

Documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino fundamental [2], PCN para o ensino médio [3], PCN+ do ensino médio [4], Orientações Curriculares para o ensino médio [5] e o Referencial Curricular Estadual [6], orientam à abordagem de temas de astronomia ao longo da formação escolar dos estudantes, do ensino fundamental ao médio, principalmente sobre a formação do universo, o sistema solar, as fases da Lua, eclipses, estações do ano e movimento aparente do Sol. Entre os vários pontos convergentes nesses documentos, um deles diz respeito à realização de atividades práticas e observações sistemáticas do

\*Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, †Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Caxias do Sul, RS, Brasil.

ogiovannini@gmail.com

Data de envio: 03/05/2015

Data de aceite: 25/05/2015

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v3iss1p36>

céu como forma de evoluir a capacidade de compreensão dos estudantes progressivamente sem descartar as suas próprias observações e vivências e contando com o professor como mediador que auxilia o estudante a explicar aquilo que observa e desfazer possíveis conflitos com as diferentes representações de universo.

Por que, então, se deve ensinar astronomia? Alguns motivos já foram mencionados no parágrafo anterior. Além desses, devemos também considerar que a astronomia é uma ciência essencialmente interdisciplinar, facilmente capaz de se inter-relacionar com várias disciplinas pois estabelece entre elas uma ação de reciprocidade, não hierárquica [7], é de grande interesse e com um enorme potencial educativo [8], [9]. Estudos recentes, por exemplo, [10]–[13], mostram que a astronomia pode ser um tema motivador para despertar o interesse dos estudantes da educação básica pelo estudo de disciplinas como física, matemática, química, geografia e história a partir de estratégias interdisciplinares que visam a promoção da aprendizagem significativa [14]. Por outro lado, alguns trabalhos indicam que o ensino de astronomia nas escolas é prejudicado, entre outros motivos, pela formação deficiente dos professores [15]–[18] e também pela qualidade dos textos em livros didáticos que tratam destes temas [19]. Apesar da recomendação do MEC, por meio dos PCN, de inclusão dos conteúdos de astronomia no ensino básico, em muitas escolas ainda são totalmente desconsiderados [13].

A implementação de novas metodologias para o ensino de ciências, a fim de torná-lo atrativo, deve incorporar estratégias de ensino diversificadas, como aprendizagem por projetos, aprendizagem ativa e atividades interdisciplinares que contemplem a contextualização e a problematização [20], [21]. Assim, a astronomia com seu enorme campo de abrangência e de inter-relação nas diversas áreas do conhecimento, pode contribuir para a construção de um ambiente eficaz de ensino e aprendizagem. Deve-se ressaltar que a inserção do ensino de astronomia pode ocorrer já nos anos iniciais do ensino fundamental, como tem sido proposto por [11], [12], [21]–[24].

O estudante dará significado ao novo conhecimento quando manifestar, de início, alguma forma de interesse. A pré disposição do estudante é uma das condições para que se estabeleça um ambiente apropriado para a promoção da aprendizagem significativa, uma teoria de aprendizagem cognitivista cuja fundamentação teórica foi desenvolvida por David Ausubel em 1963 e por ele reiterada em 2000 [14]. A outra condição é que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, atividades práticas, modelos,...) deve ser potencialmente significativo, isto é, tenha significado lógico que possa ser relacionável de maneira não-arbitrária e não-litera a um conhecimento prévio apropriado e relevante da estrutura cognitiva do aprendiz [25]. Como enfatizado por Moreira (p. 25) [26], o material só pode ser “potencialmente significativo” e não “significativo”, pois o significado está nas pessoas que utilizarão os materiais como meio para uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos interagem de forma substantiva e não arbitrária com o que o aprendiz já sabe. Segundo Ausubel [14], se pudesse isolar apenas uma variável como a mais importante para a aprendizagem essa seria o conhecimento prévio do

estudante. É fundamental, portanto, desenvolver estratégias de ensino que levem em conta os conhecimentos prévios e, nesse sentido, a Lua, o Sol, os planetas e eclipses são temas que estão incorporados, naturalmente, à estrutura cognitiva dos estudantes. Diante disso, este artigo descreve uma atividade prática de astronomia potencialmente significativa relacionada às estações do ano e à inclinação do eixo de rotação da Terra pois, como enfatizado em documentos oficiais de educação e por diversos pesquisadores da área de ensino [27]–[29], a experimentação em ciências possui grande potencial para o desenvolvimento de habilidades e competências e na promoção da alfabetização científica [30].

O texto a seguir aborda, inicialmente, o movimento aparente do Sol, a relação entre as estações do ano e a inclinação do eixo de rotação da Terra, descreve os materiais e procedimentos utilizados na atividade prática, apresenta os dados obtidos e, finaliza, com uma discussão a respeito da aplicação desta atividade no contexto escolar.

#### A. O movimento aparente do Sol

Um dos conceitos de astronomia mais importantes para a realização desta atividade é o que denominamos de movimento aparente do Sol. É importante, portanto, definir os dois movimentos aparentes do Sol: o diário e o anual. O movimento aparente anual do Sol é o nome dado a mudança aparente da trajetória do Sol ao longo do ano quando visto por um observador na Terra pois, de fato, é a Terra que se movimenta em torno do Sol, causando desta forma um movimento “aparente” para quem observa o Sol da Terra. Esta mudança aparente anual pode ser verificada na duração do dia claro (tempo em que o Sol está acima do horizonte), em diferentes estações do ano, no mesmo local. A duração do dia claro está relacionada com a trajetória descrita pelo Sol no seu movimento aparente diário que, por sua vez, depende da inclinação do eixo de rotação da Terra. No entanto, umas das concepções alternativas em estudantes e professores, como destacado por Trogello, Neves e Silva [31] e Langhi e Nardi [15], é que as estações do ano ocorrem devido à variação da distância da Terra em relação ao Sol. A causa da ocorrência das estações do ano é pouco compreendida pelos estudantes como mostram Darroz e colaboradores [32], que relatam os resultados de um questionário com 20 perguntas relacionadas aos conceitos de astronomia aplicado em 140 estudantes do nono ano do ensino fundamental e 120 do terceiro ano do ensino médio. Uma das questões trata da causa das estações do ano e para 70% dos estudantes do nono ano e 53% do terceiro ano do ensino médio as variações na distância entre a Terra e o Sol ao longo do ano são as responsáveis pela ocorrência das estações do ano.

A observação da sombra de um gnômon é uma atividade prática que pode ser realizada para estudar o movimento aparente diário do Sol, a localização dos pontos cardeais e para compreender a ocorrência das estações do ano, quando realizada em épocas diferentes, como descrito por Trogello, Neves e Silva [31]. Nesse sentido, atividades práticas, como a proposta neste artigo, podem preencher uma lacuna no tradicional ensino em sala de aula, baseado no conteúdo, em aulas expositivas e centrado no professor, contribuindo para uma aprendizagem conectada com o cotidiano, relevante para o estudante e promovendo o ensino de ciências.

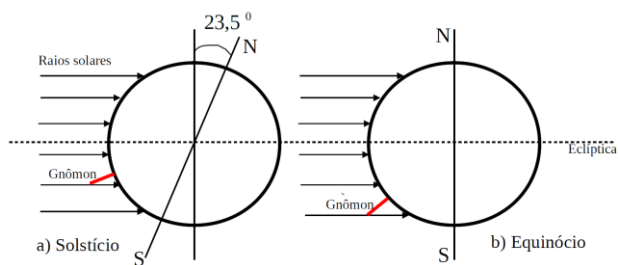


Fig. 1: Desenho esquemático representando a incidência dos raios solares a) no solstício e b) no equinócio. O traço vermelho representa um gnômon em uma mesma localidade (mesma latitude).

*B. A relação entre a inclinação do eixo de rotação da Terra e o ângulo de incidência dos raios solares*

A determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra é uma atividade econômica, de fácil montagem, integradora e que, principalmente, contempla os eixos norteadores, a interdisciplinaridade e a contextualização, de um ensino orientado na construção de competências e habilidades [2], [3], [5]. Como é possível determinar o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra? Com um gnômon! O gnômon é uma haste, vareta de madeira ou metal, cravada verticalmente em um terreno plano e que está sujeito a incidência da luz solar de manhã e a tarde. Seu propósito é a marcação indireta da posição do Sol no céu por meio da sombra do gnômon projetada no chão.

Complementando à resposta dada acima, a figura 1 apresenta duas imagens que representam a incidência dos raios solares sobre a superfície da Terra no solstício (figura 1a) e no equinócio (figura 1b). O traço vermelho representa um gnômon na mesma localidade no solstício e no equinócio. Devemos ressaltar que as imagens da figura 1 referem-se a menor sombra do gnômon, ou seja, quando o Sol cruza o meridiano do local. Devido à inclinação do eixo de rotação, e enquanto a Terra descreve seu movimento de translação, a orientação dos raios solares que atingem um determinado local na Terra muda conforme a época do ano. Na figura 1 percebe-se que o comprimento da sombra do gnômon é diferente no solstício (figura 1a) e no equinócio (figura 1b). Esta é, portanto, a chave para determinar o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra, como veremos a seguir.

*C. Desenvolvimento*

Antes de iniciar a atividade é fundamental planejar com os professores de disciplinas afins e com a direção da escola pois é necessário realizar duas medições, uma no equinócio (março ou setembro) e uma no solstício (junho ou dezembro); além disso, o tempo de duração da observação, incluindo a preparação do equipamento e a medição, é de aproximadamente 3 horas, iniciando por volta das 10 h e 30 min e terminando as 13 h e 30 min ou das 11 h e 30 min as 14 h e 30 min no horário de verão.

O material utilizado para a realização da atividade consiste de: uma haste de 1,30 m, estacas, barbante, fita crepe, trena, tesoura, nível de bolha e martelo. A haste é cravada na areia e as estacas são fincadas na extremidade da sombra projetada na areia. O barbante é usado para unir a ponta da haste com a

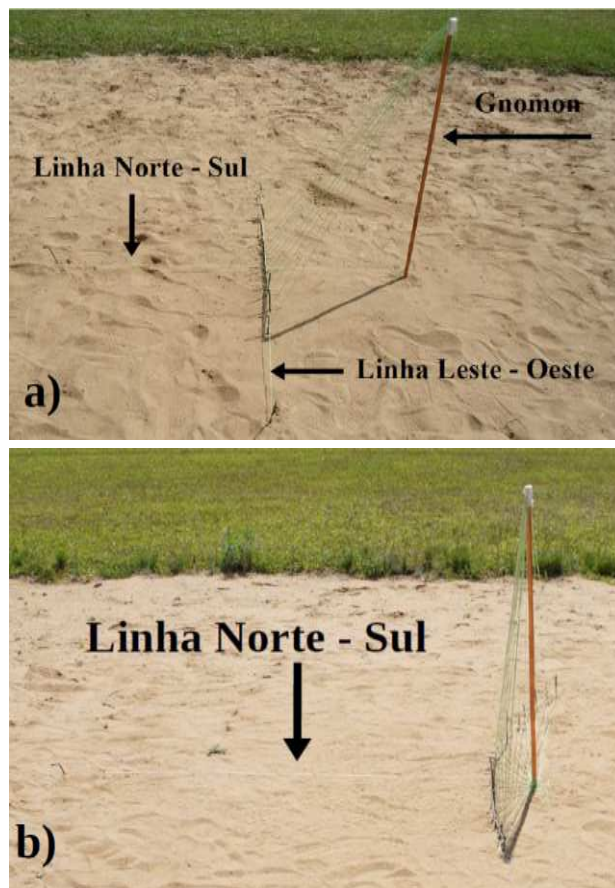


Fig. 2: Medições da sombra do gnômon a) no equinócio e b) no solstício. A linha Norte – Sul representa o meridiano do local e a direção dos pontos cardeais Norte e Sul. A linha Leste – Oeste, determinada no equinócio, representa a direção dos pontos cardeais Leste e Oeste.

ponta da estaca e representar a trajetória dos raios solares. As estacas não são fundamentais, o importante é marcar a posição da sombra do gnômon no chão.

Vamos, agora, medir o comprimento da sombra do gnômon produzida pelos raios solares. As medições podem ser realizadas a partir de uma hora antes e até uma hora depois da passagem meridiana do Sol. O intervalo de tempo entre as medições pode ser de 15 min até 20 min antes da passagem meridiana do Sol e, a partir de então, até 20 min após a passagem meridiana, em intervalos de 5 min.

A atividade descrita neste artigo foi realizada no dia 21 de setembro de 2012, no equinócio de primavera, e no dia 20 de dezembro de 2012, no solstício de verão. A figura 2 apresenta as imagens das medições da sombra do gnômon no equinócio (figura 2a) e no solstício (figura 2b). Como pode-se ver na figura 2, o gnômon foi posicionado em um terreno com areia. Para marcar a posição da sombra, cravou-se uma estaca na extremidade da sombra e com o barbante uniu-se a estaca e a ponta do gnômon. Esse procedimento tem como objetivo mostrar a trajetória dos raios solares em cada instante da medição.

**II. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As medições do comprimento da sombra do gnômon estão exibidas nos gráficos das figuras 3 e 4. Na figura 3 é

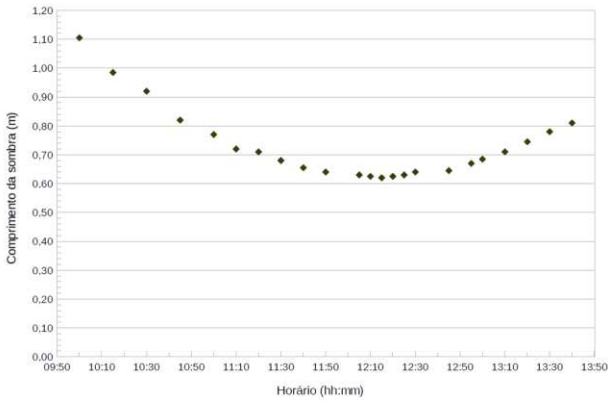


Fig. 3: Dados da medição do comprimento da sombra do gnômon, em função do horário, no equinócio de primavera.

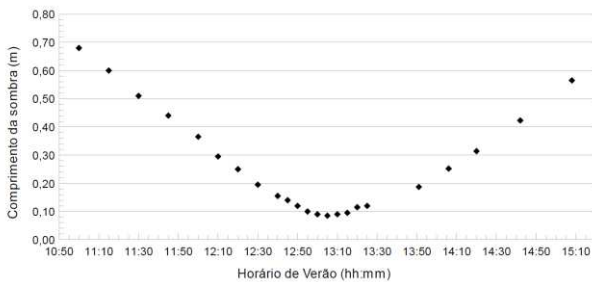


Fig. 4: Dados da medição do comprimento da sombra do gnômon, em função do horário de verão, no solstício de verão.

apresentado o gráfico do comprimento da sombra do gnômon em função do horário de medição para o equinócio de primavera. Percebe-se no gráfico da figura 3 que a menor sombra ocorreu por volta das 12 h e 15 min. O gráfico da figura 4 exhibe os dados obtidos no solstício de verão. Nesta observação, o menor comprimento da sombra foi por volta das 13 h e 5 min.

De posse das medições realizadas, exibidas nas figuras 3 e 4, pode-se agora determinar o menor ângulo de incidência dos raios solares sobre o gnômon. A menor sombra ocorre na passagem meridiana do Sol, ao meio-dia solar verdadeiro (tempo civil). A figura 5 apresenta a relação a altura do gnômon  $h$ , o comprimento da menor sombra  $d_{min}$  e o menor ângulo de incidência  $\alpha_{min}$

Como  $h$ ,  $d_{min}$  e  $\alpha_{min}$  formam um triângulo retângulo, o ângulo  $\alpha_{min}$  é calculado usando a seguinte relação trigonométrica:

$$\tan(\alpha_{min}) = \frac{d_{min}}{h} \tag{1}$$

Os resultados das duas medições estão sumarizados na Tabela I, onde são apresentados a altura do gnômon ( $h$ ) utilizado nas duas observações, o menor comprimento da sombra ( $d_{min}$ ), obtidos a partir das figuras 3 e 4, e o menor ângulo dos raios solares ( $\alpha_{min}$ ), calculado pela equação 1.

A figura 6 apresenta uma comparação entre o menor ângulo observado no solstício de verão  $\alpha_{min,solt}$  e no equinócio  $\alpha_{min,equin}$ . No verão, na passagem meridiana, o Sol fica quase sobre as nossas cabeças em Caxias do Sul; assim, como podemos ver na figura 6, o ângulo mínimo no solstício é menor que no equinócio.

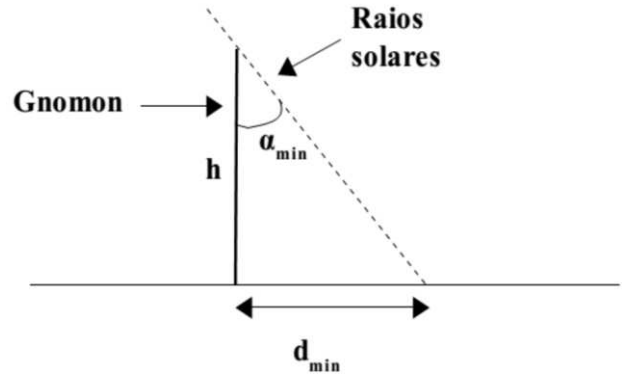


Fig. 5: Desenho esquemático representando a relação entre o ângulo mínimo ( $\alpha_{min}$ ), a altura do gnômon ( $h$ ) e o menor comprimento da sombra ( $d_{min}$ ), na passagem meridiana do Sol.

TABELA I: Dados obtidos das observações

Data	$h$ (m)	$d_{min}$ (m)	$\alpha_{min}$ (graus)
21/09/12	1,18	0,620	27,7
20/12/12	1,18	0,085	4,1

Como o ângulo  $\alpha_{min}$  é determinado na passagem meridiana do Sol, ou seja, no grande círculo que passa pelos polos celestes, esse ângulo está relacionado ao afastamento angular do Sol em relação ao equador celeste, a projeção do equador da Terra na esfera celeste. Na linguagem astronômica, a posição angular de um objeto da esfera celeste em relação a linha do equador celeste é chamada de declinação. Esse ângulo é contado a partir do equador. Então, no solstício de verão, o Sol, visto da Terra, alcança a sua máxima declinação de 23,5 graus; no equinócio, o Sol cruza o equador celeste e sua declinação é de zero graus.

Como os ângulos,  $\alpha_{min,solt}$  e  $\alpha_{min,equin}$ , estão relacionados ao afastamento angular do Sol em relação ao equador celeste, no solstício e equinócio, respectivamente, a diferença entre eles é, portanto, o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra,  $\phi$  (veja a figura 7), ou seja,

$$\phi = \alpha_{min,equin} - \alpha_{min,solt} \tag{2}$$

Finalmente, usando os dados da Tabela I na equação 2

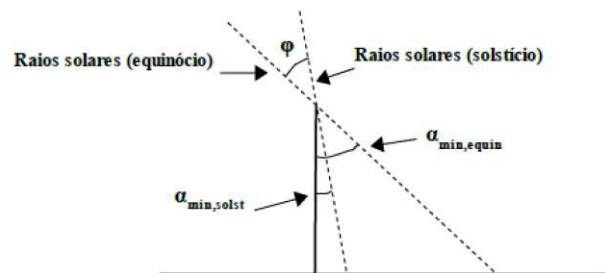


Fig. 6: Desenho esquemático representando o ângulo mínimo no solstício ( $\alpha_{min,solt}$ ), o ângulo mínimo no equinócio ( $\alpha_{min,equin}$ ) e o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra ( $\phi$ ).



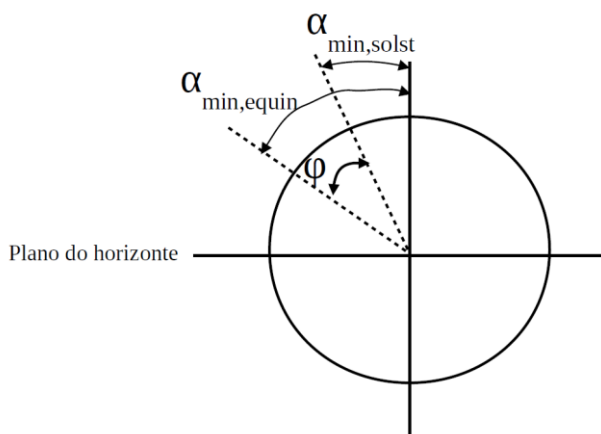


Fig. 7: Desenho esquemático representando o plano do horizonte do gnômon, que está exatamente no centro do círculo, e a relação entre o ângulo mínimo determinado no solstício ( $\alpha_{min,solst}$ ), o ângulo mínimo determinado no equinócio ( $\alpha_{min,equin}$ ) e o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra ( $\phi$ ).

obtm-se o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra de  $\phi = 27,7 - 4,1 = 23,6$  graus, um valor muito próximo do valor real de 23,5 graus.

### III. CONCLUSÕES

A atividade prática e observacional descrita reúne várias características, voltadas ao processo de ensino e aprendizagem, que são enfatizadas nos documentos oficiais para a educação, como os PCN para o ensino fundamental e médio, o PCN+ do ensino médio e as Diretrizes Curriculares. Podemos citar, entre outras, a componente interdisciplinar, a contextualização, o aspecto observacional de uma situação cotidiana e importante, as medições de grandezas e as transformações, o trabalho em equipe, o planejamento e, finalmente, a determinação do valor de uma grandeza associada, de certa forma, a evolução científica da sociedade.

Neste sentido, atividades como a descrita neste artigo podem ser realizadas com estudantes do ensino fundamental e do ensino médio. A recomendação é definir os objetivos de aprendizagem da atividade de acordo com os conhecimentos dos estudantes. Por exemplo, para os anos finais (do sétimo ao nono ano) do ensino fundamental, não espera-se que os estudantes conheçam as relações trigonométricas. Assim, a atividade pode ser direcionada para medir o comprimento da sombra com uma trena, anotar os horários em que essas medições são realizadas, comparar as menores sombra do gnômon no solstício e equinócio, identificar a linha Norte – Sul, que corresponde ao meridiano do local e quando o Sol cruza essa linha imaginária é o meio-dia solar verdadeiro, identificar a linha Leste – Oeste que só pode ser determinada no equinócio, localizar os pontos cardeais, estimar a duração do dia claro e discutir como são construídos os calendários baseados na posição do Sol. Pode-se, também, medir o ângulo usando um transferidor. Além desses aspectos, é possível também refletir com os estudantes a evolução histórica da medição do tempo. Para a realização desta atividade com estudantes do ensino médio, acrescenta-se a determinação do

ângulo usando as relações trigonométricas e uma discussão mais aprofundada dos aspectos relacionados à geografia (latitude do local) e históricos da evolução da astronomia e das ciências em geral.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

### IV. BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Gaffney, S. Fitch, et al., "Time and a place: a luni-solar 'time-reckoner' from 8th millennium bc scotland," *Internet Archaeology*, vol. 34, 2013.
- [2] Brasil, "Secretaria de educação fundamental. parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais - terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental," Tech. Rep., MEC/SEF, Brasília, 1998.
- [3] Brasil, "Secretaria de educação média e tecnológica. parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio," Tech. Rep., MEC/SEF, Brasília, 1999.
- [4] Brasil, "Secretaria de educação média e tecnológica (semtec). pcn + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias," Tech. Rep., MEC/Semtec, Brasília, 2002.
- [5] Brasil, "Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias/ secretaria de educação básica," Tech. Rep., Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2006.
- [6] R. G. do Sul, "Referencial curricular estadual-volume 4," 2009.
- [7] O. Pombo, "Interdisciplinaridade e integração dos saberes," *Liinc em revista*, vol. 1, no. 1, 2006.
- [8] S. García Barros, M. Mondelo Alonso, et al., "La astronomía en textos escolares de educación primaria," in *Enseñanza de las Ciencias*, 1997, vol. 15, pp. 225–232.
- [9] R. CANIATO, *Um projeto brasileiro para o ensino de astronomia*, Ph.D. thesis, UNICAMP, 1973.
- [10] L. D. Gama, and A. B. Henrique, "Astronomia na sala de aula: por quê?," *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, no. 9, pp. 7–15, 2010.
- [11] S. da Silva Morett, and M. de Oliveira Souza, "Desenvolvimento de recursos pedagógicos para inserir o ensino de astronomia nas séries iniciais do ensino fundamental," *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, no. 9, pp. 33–45, 2010.
- [12] R. Langhi, *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação dos professores*, Ph.D. thesis, UNESP, 2009.
- [13] R. Langhi, and R. Nardi, "Ensino da astronomia no brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 31, no. 4, pp. 4402, 2009.
- [14] D. P. Ausubel, "Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva," *Lisboa: Plátano*, vol. 1, 2003.
- [15] R. Langhi, and R. Nardi, *Educação em Astronomia: repensando a formação de professores*, Escrituras, São Paulo, 2012.
- [16] M. D. Longhini, and I. M. Mora, *Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica*, chapter Uma investigação sobre o conhecimento de astronomia de professores em serviço e em formação, pp. 87–116, Átomo, Campinas, 2010.
- [17] C. Leite, and Y. Hosoume, "Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia," *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, no. 4, pp. 47–68, 2007.
- [18] R. Langhi, and R. Nardi, "Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia," *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, no. 2, pp. 75–91, 2005.
- [19] P. H. A. Sobreira, *Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica*, chapter Estações do Ano: concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia, pp. 37–58, Átomo, Campinas, 2010.
- [20] E. C. Ricardo, "Problematização e contextualização no ensino de física," *Ensino de Física (Coleção Ideias em Ação)*. São Paulo: Cengage Learning, pp. 29–51, 2010.
- [21] D. C. Martins, and Y. P. Godoi, N. and Mascarenhas, *Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica*, chapter Ensino de astronomia no ensino fundamental por meio da informática, pp. 117–141, Átomo, Campinas, 2010.
- [22] S. P. Pinto, O. d. Fonseca, and D. M. Vianna, "Formação continuada de professores: Estratégia para o ensino de astronomia nas séries iniciais," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 24, no. 1, pp. 71–86, 2007.

- [23] A. L. Scarinci, and J. L. d. A. PACCA, “Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos,” *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 28, no. 1, pp. 89–99, 2006.
- [24] S. M. Bisch, *Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores*, Ph.D. thesis, Universidade de São Paulo, 1998.
- [25] D. P. Ausubel, J. D. Novak, and H. Hanesian, *Psicologia educacional*, Interamericana, 1980.
- [26] M. A. Moreira, “Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares,” *São Paulo: Editora Livraria da Física*, 2011.
- [27] M.-G. Séré, S. M. Coelho, and A. D. Nunes, “O papel da experimentação no ensino da física,” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 21, pp. 31–43, 2004.
- [28] M. F. Thomaz, “A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão,” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 17, no. 3, pp. 360–369, 2000.
- [29] M. Giordan, “O papel da experimentação no ensino de ciências,” *Química nova na escola*, vol. 10, no. 10, pp. 43–49, 1999.
- [30] L. H. Sasseron, and A. M. P. d. CARVALHO, “Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica,” *Investigações em ensino de ciências*, vol. 16, no. 1, pp. 59–77, 2011.
- [31] A. G. Trogello, M. C. D. Neves, and S. d. C. R. da Silva, “A sombra de um gnômon ao longo de um ano: Observações rotineiras e o ensino do movimento aparente do sol e das quatro estações,” *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, , no. 16, pp. 7–26, 2014.
- [32] L. M. Darroz, C. W. da Rosa, et al., “Evolução dos conceitos de astronomia no decorrer da educação básica,” *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, , no. 17, pp. 107–121, 2014.