



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Ana Clarissa Henrique Kolbow

O Sol, a Terra e o Tempo: um site para o ensino de ciências

Florianópolis
2021

Ana Clarissa Henrique Kolbow

O Sol, a Terra e o Tempo: um site para o ensino de ciências

Dissertação submetida ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física no polo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em ensino de física.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Canzian da Silva

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Kolbow, Ana Clarissa Henrique

O Sol, a Terra e o tempo: um site para o ensino de
ciências / Ana Clarissa Henrique Kolbow ; orientador,
Nelson Canzian da Silva, 2021.

120 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Ensino de Física. 3. Movimento
aparente do Sol. 4. Gnômon. I. Silva, Nelson Canzian da.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Ana Clarissa Henrique Kolbow

O Sol, a Terra e o Tempo: um site para o ensino de ciências

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Antonio Nemer Kanaan Neto, Dr.
Univerisdade Federal de Santa Catarina

Prof. Lucas Nicolao, Dr.
Univerisdade Federal de Santa Catarina

Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter, Dr.
Univerisdade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em ensino de física.

Coordenação do Programa de
Pós-Graduação

Prof. Dr. Nelson Canzian da Silva
Orientador

Florianópolis, 2021

Este trabalho é dedicado à minha mãe.

AGRADECIMENTOS

À Sociedade Brasileira de Física por organizar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e à Universidade Federal de Santa Catarina por possibilitar a oportunidade de cursar o MNPEF.

À minha mãe por sempre me apoiar e me incentivar.

Ao meu orientador, professor Nelson Canzian da Silva, pela extraordinária paciência, pela dedicação e por acreditar neste trabalho.

Ao Everton Botan por sempre ter me ajudado quando eu precisei.

À minha irmã, Jade, à minha prima, Michely, e à Maria Olga pelo apoio constante durante esse tempo.

Aos professores do programa pelos ensinamentos e por contribuírem com a minha formação acadêmica.

Aos meus colegas do MNPEF pelo convívio.

A todos que ajudaram na divulgação do nosso produto e a todos que acessaram o nosso produto, se dispuseram a comentar e levantar questionamentos e, assim, contribuíram com o aprimoramento do nosso trabalho, em especial ao professor Angel Fidel Vilche Pena.

"Eppur si muove."
(GALILEI, 1633)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e avaliar uma ferramenta didática elaborada para o ensino de ciências relacionada aos movimentos da Terra e o consequente movimento aparente do Sol. Buscando contribuir com o uso de recursos de ensino-aprendizagem que utilizam tecnologias de informação e comunicação na Educação Básica, propomos a elaboração de um site para trabalhar uma temática que permite abordar conceitos envolvendo o movimento aparente do Sol e algumas de suas consequências na Terra, culminando em um tipo peculiar de “relógio de sol”, o gnômon. A ferramenta didática que propomos consiste em uma sequência de textos, intercalados de imagens e animações, e questões que relacionam conceitos importantes de física, matemática e geografia com a percepção e organização social associada ao movimento aparente do Sol. A sequência de atividades foi hospedada em uma página na internet onde os estudantes podem acessar por vontade própria. Foram mensurados os níveis de acesso inicial e continuado à ferramenta, bem como as datas de acesso, a frequência de retorno, a quantidade de alternativas marcadas às questões propostas, a escolaridade e unidade federativa dos participantes.

Palavras-chave: Movimento aparente do Sol. Gnômon. TIC no ensino de física.

ABSTRACT

This work aims to develop and evaluate a didactic tool developed for science teaching related to Earth movements and the consequent apparent movement of the Sun. In order to contribute to the use of teaching-learning resources that use information and communication technologies in Primary and Secondary School we propose the elaboration of a website to work on a subject that allows to approach concepts involving the apparent movement of the Sun and some of its consequences on Earth, culminating in a peculiar type of sundial, the gnomon. The didactic tool we propose consists of a sequence of texts, interleaved images and animations, and questions which relate the important concepts of physics, mathematics and geography to the perception and social organization of the Sun's movement. The sequence of activities was hosted on a website where students can access at their own discretion. Initial and continued access to the tool were measures, as well as the access dates, frequency of return, number of alternatives marked to the proposed questions, level of schooling and federative unit of the participants.

Keywords: Apparent movement of the Sun. Gnomon. ICT in physics teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Orientação da inclinação Terra nos solstícios e equinócios.	20
Figura 2 – Declinação solar.	21
Figura 3 – Ângulo de declinação solar em função de n	22
Figura 4 – Ângulo horário.	23
Figura 5 – Ângulos horários de nascer do Sol em função dos dias do ano para Florianópolis.	24
Figura 6 – Ângulo de incidência solar e ângulo de zênite.	25
Figura 7 – Ângulo de zênite em função dos ângulos horários para os dias de solstícios e equinócios.	26
Figura 8 – Altura solar.	27
Figura 9 – Ângulo de altura solar em função dos dias do ano para o meio dia.	27
Figura 10 – Ângulo de azimute solar.	28
Figura 11 – Diagrama do dia solar para Florianópolis.	29
Figura 12 – Curva da equação do tempo.	31
Figura 13 – Analema para a cidade de Florianópolis para o meio dia local.	31
Figura 14 – Analema formado pela sombra de um gnômon.	32
Figura 15 – Construção de um gnômon.	33
Figura 16 – Comprimento da sombra de uma haste de 10 metros.	34
Figura 17 – Triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra.	35
Figura 18 – Triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra.	36
Figura 19 – Total de entradas na fase 1 do site.	40
Figura 20 – Data de entrada na fase 1 no site.	41
Figura 21 – Total de entradas na fase 2 do site.	42
Figura 22 – Data de entrada na fase 2 no site.	43
Figura 23 – Data de entrada na fase 3 no site.	43
Figura 24 – Escolaridade dos participantes.	44
Figura 25 – Unidade da Federação dos participantes.	45
Figura 26 – Data de entradas de participantes do ensino básico.	46
Figura 27 – Data de registro de respondentes efetivos.	47
Figura 28 – Frequência de retorno respondentes efetivos.	48
Figura 29 – Número de alternativas escolhidas por respondente efetivo.	49
Figura 30 – Escolaridade dos que escolheram mais de 20 alternativas.	50
Figura 31 – Unidade da Federação dos que escolheram mais de 20 alternativas.	50
Figura 32 – Número de escolhas por questão por usuário efetivo.	51
Figura 33 – Número médio de alternativas por usuário.	52

Figura 34 – Histograma do número de alternativas escolhidas.	53
Figura 35 – Cartaz usado na divulgação do produto educacional.	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de n para os dias do ano para latitudes entre $-66,5^\circ$ e $+66,5^\circ$.	22
Tabela 2 – Valores obtidos.	35
Tabela 3 – Relação das unidades de federação dos contatos.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEPSH	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
COVID-19	Corona Virus Disease 2019
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

δ	Ângulo de declinação solar
ω	Ângulo horário
θ	Ângulo de incidência solar
θ_z	Ângulo de zênite
α	Altura solar
ψ	Ângulo de azimute solar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	ÓRBITA DA TERRA E AS ESTAÇÕES DO ANO	20
2.2	MOVIMENTO APARENTE DO SOL	21
2.2.1	Declinação solar (δ)	21
2.2.2	Ângulos horários (ω)	23
2.2.3	Ângulo de incidência solar (θ) e ângulo de zênite (θ_z)	24
2.2.4	Altura solar (α)	26
2.2.5	Azimute solar (ψ)	28
2.3	TEMPO SOLAR E TEMPO LOCAL	29
2.4	RELÓGIO DE SOL: O GNÔMON	32
3	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	37
3.1	METODOLOGIA	37
3.2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO PRODUTO	39
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	58
	APÊNDICE B – BIBLIOGRAFIA USADA NO PRODUTO EDUCACIONAL	117
	APÊNDICE C – EXEMPLO DOS ARQUIVOS DE DADOS COLETADOS	118
	APÊNDICE D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO	119

1 INTRODUÇÃO

O movimento aparente do Sol e suas consequências no cotidiano envolve a compreensão de vários conceitos, tais como latitude, longitude, inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica, órbita da Terra, percepção e registro da passagem de tempo com diferentes métodos, em particular o gnômon.

O gnômon é um relógio solar que consiste basicamente de uma haste fincada em uma superfície que, se convenientemente ajustada e vinculada a alguns princípios básicos, permite não só a determinação da hora do dia, mas pode proporcionar uma oportunidade de levar à conexão entre diversos conceitos de física, astronomia, ciências e matemática.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006, p. 79) estabelecem que o estudante deve “conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua, eclipses etc.)”. Ainda de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006, p. 32), o estudante deve “compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.”

A literatura apresenta uma série de trabalhos envolvendo o movimento aparente do Sol e suas consequências na Terra.

Afonso (1996) traz em seu trabalho alguns exemplos de atividades usando o gnômon para a obtenção do ângulo de altura do solar, do meio-dia solar, dos pontos cardeais e das estações do ano. Essas atividades foram realizadas no Jardim Astronômico de Curitiba (PR), mas no trabalho o autor considerou todas as latitudes.

Luciano de Oliveira (2012) investigou a utilização do relógio de Sol para a solução de problemas práticos envolvendo o movimento do Sol. O autor trabalhou em duas aulas a determinação do meridiano local, em uma aula a determinação da latitude local, em duas aulas a determinação dos trópicos e dos círculos polares, em uma aula a determinação da altura máxima e mínima do Sol na latitude local e em 3 aulas a construção de um relógio de Sol de mostrador horizontal. Além dessas atividades, o trabalho também investigou, em seis aulas, atividades envolvendo a aplicação do movimento do Sol no uso de coletores de energia solar. Segundo a análise do autor, através dos questionários respondidos pelos alunos, os alunos ficaram satisfeitos em trabalhar conteúdos de matemática de forma contextualizada. As atividades contaram inicialmente com 42 alunos, e 25 alunos chegaram até as atividades finais.

O uso do gnômon vertical também foi investigado por Trogello *et al.* (2013) na construção de conceitos sobre o movimento aparente do Sol e da alternância das estações do ano. Os autores propuseram, para alunos de uma turma do sexto ano, a observação do movimento do Sol através das marcações da sombra de um gnômon

vertical nos dias próximos aos dias dos equinócios e solstícios. A partir da análise do questionário aplicado ao final das quatro observações, os autores também apontaram que o uso do gnômon também é um recurso válido para o reconhecimento dos pontos cardeais.

Elisa Danda de Oliveira *et al.* (2015) mostraram como é possível determinar o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica através do gnômon. Os autores realizaram a atividade no equinócio de primavera e solstício de verão. Com os dados obtidos os autores apresentam um resultado bem próximo ao valor real do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica. No trabalho os autores não realizaram a atividade com alunos.

Nascimento *et al.* (2015) propuseram o uso da modelagem e simulação computacional para trabalhar a ocorrência das estações do ano. Os autores relatam que muitos alunos do ensino superior tem concepções erradas quanto à ocorrência das estações do ano. Segundo os autores, os alunos encontram dificuldade ao construir conceitos envolvendo a excentricidade da trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol, a posição do Sol em um dos focos desta trajetória e a obliquidade da eclíptica. Os autores realizaram uma pesquisa com alunos do Proeja em que utilizaram o *Software Modellus* e simulações disponíveis no site PhET da Universidade do Colorado para trabalhar os conceitos envolvendo ocorrência das estações do ano.

Neste trabalho, propomos a elaboração de um material relacionado à interpretação do movimento aparente do Sol e a relação que ele tem com alguns fundamentos da ciência. O produto foi feito originalmente para a internet em consequência do contexto atual em que vivemos.

No contexto atual, em que vivemos a pandemia Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) e suas consequências, fica cada vez mais evidente a importância do uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em todas as áreas do ensino.

As novas tecnologias da informação e comunicação já estão inseridas no nosso cotidiano há muito tempo e elas modificam a nossa maneira de aprender e ensinar. As novas gerações já nasceram no mundo digital. Prensky (2001, p.1, tradução nossa) chama as novas gerações de estudantes de *Digital Natives*, Nativos Digitais, porque “nossos alunos hoje são todos “falantes nativos” da linguagem digital de computadores, videogames e Internet.” Prensky diz ainda que:

Os Nativos Digitais estão acostumados a receber informações muito rápido. Eles gostam de processos paralelos e multitarefas. Eles preferem seus gráficos antes do texto, em vez do contrário. Eles preferem acesso aleatório (como hipertexto). Eles funcionam melhor quando conectados à rede. Eles progredem com gratificação instantânea e recompensas frequentes. Eles preferem jogos a trabalhos “sérios” (PRENSKY, 2001, p.2, tradução nossa).

Internet, computadores, celulares e todos os outros dispositivos e ferramentas digitais faz parte da vida dos estudantes hoje. A questão a ser discutida hoje em dia

não deve mais ser sobre se devemos ou não usar essas ferramentas digitais, porque elas já estão inseridas no nosso cotidiano, e sim como usá-las (PRENSKY, 2001).

A inserção de TIC no ensino de física é uma estratégia que pode trazer uma nova perspectiva ao modelo tradicional de ensino. Nesse sentido, Martinho e Pombo afirmam que:

As tecnologias de informação e de comunicação (TIC) podem constituir um elemento valorizador das práticas pedagógicas, já que acrescentam, em termos de acesso à informação, flexibilidade, diversidade de suportes no seu tratamento e apresentação. Valorizam, ainda, os processos de compreensão de conceitos e fenômenos diversos, na medida em que conseguem associar diferentes tipos de representação que vão desde o texto, à imagem fixa e animada, ao vídeo e ao som. (MARTINHO; POMBO, 2009, p.528).

O uso de TIC em sala de aula é uma das estratégias de ensino que, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

reforçam a necessidade de considerar o mundo em que o jovem está inserido, não somente através do reconhecimento de seu cotidiano enquanto objeto de estudo, mas também de todas as dimensões culturais, sociais e tecnológicas [...] (BRASIL, 2006, p. 83).

Os PCN afirmam também que “é inegável que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar” (BRASIL, 2006, p. 88). Nesse sentido, as possibilidades do uso de TIC no ensino de física são inúmeras. Entre essas possibilidades está o desenvolvimento de um produto para a internet. O uso desse tipo de ferramenta pode colaborar com a construção do conhecimento pelos próprios estudantes.

A finalidade da construção de conhecimento pelos próprios estudantes “é alcançar meios de aprendizagem fortes que valorizem a construção mental do sujeito” (COSTA NUNES; SANTOS, 2013, p. 2 - 3).

Um site educacional precisa motivar quem acessa a querer aprender e explorar as informações contidas na página. Para atingir esse objetivo, o site deve incluir atividades variadas. A diversidade das atividades não refere-se apenas ao tipo de atividade, mas também ao nível de complexidade. Atividades que apresentam diferentes habilidades e conhecimentos proporcionam motivação para uma variedade maior de estudantes (CARVALHO, 2006).

Pesquisas feitas pelo TIC Educação no ano de 2019 (CETIC, 2020) mostram que 82% dos professores entrevistados que lecionam em escolas da rede pública e privada, afirmam utilizar a internet para desenvolver ou aprimorar conhecimentos sobre o uso de tecnologias no processo de ensino e aprendizagem. Ainda segundo a pesquisa, 51% desses professores disponibilizaram conteúdo na internet para os alunos, 48% tirou dúvidas dos alunos pela internet e 35% recebeu trabalhos ou lições pela internet.

Nessa perspectiva, o produto que desenvolvemos segue um roteiro de atividades que constroem conceitos básicos relacionados ao movimento aparente do Sol e suas consequências na Terra em diferentes locais e dias do ano. Consiste essencialmente de um texto informativo intercalado de perguntas de múltipla escolha, as quais os participantes responderão à medida que desejarem.

De acordo com as pesquisas feitas pelo TIC Educação no ano de 2019 (CETIC, 2020) 98% dos alunos entrevistados acessam a Internet pelo celular, sendo que 18% desses alunos, de escolas públicas e privadas, acessam a Internet apenas pelo celular. Os dados da pesquisa indicam ainda que do total de entrevistados, 39% dos alunos de escola pública não possuem nenhum tipo de computador em casa, incluindo computador de mesa, notebook e tablet, evidenciando o celular como dispositivo principal para acessar a Internet.

O produto foi desenvolvido com tecnologia responsiva, na medida de nossa competência, buscando oferecer uma visualização adequada em todo tipo de dispositivo (computador, tablet, celular).

Optamos por um site e não por um “app” para celular por alguns motivos: (a) o site é mais inclusivo: pode ser visto em qualquer dispositivo, sem necessidade de instalação prévia e sem ocupar memória do dispositivo quando não estiver em uso; (b) o site é menos intrusivo: não tem como registrar qualquer dado do usuário e do seu dispositivo (além do seu “request”), a menos que ele seja explicitamente instado a permitir e (c) a instalação de um “app” no dispositivo de um usuário menor de 18 anos, no contexto de uma pesquisa, requer o expresso consentimento do participante e de seu responsável legal, caso menor de 18 anos.

Esta dissertação contém 5 capítulos e 4 apêndices. Após esta introdução, no capítulo 2 tratamos da fundamentação teórica. São apresentados os conceitos físicos abordados no produto educacional.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada para o desenvolvimento do produto educacional “O Sol, a terra e o Tempo: um site para o ensino de ciências”.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos das análises da aplicação do produto educacional.

E, por fim, no capítulo 5 fazemos as considerações finais. Realizamos uma análise geral desta pesquisa e as possibilidades de aprimoramento no produto educacional.

Nos apêndices encontram-se o produto educacional, a bibliografia usada no produto educacional, o documento de teor equivalente ao de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que os participantes que aceitaram participar da pesquisa tiveram acesso, os textos informativos em cada fase, um exemplo dos arquivos de dados que coletamos e o cartaz usado na divulgação do site.

As equações dos ângulos do movimento aparente do Sol, citadas neste trabalho

e usadas na elaboração do produto didático, foram retiradas do livro *Solar Engineering of Thermal Processes*, Duffie e Beckman (2013). Para um estudo mais aprofundado sobre Astronomia de posição, recomendamos os livros *Astronomia e Astrofísica*, Kepler de Oliveira e Fátima Saraiva (2014), e *Textbook on Spherical Astronomy*, Smart (1977).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar o interesse despertado por um produto educacional voltado para o ensino fundamental e médio sobre o movimento aparente do Sol e suas consequências na Terra.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um produto educacional para trabalhar os conceitos envolvidos na descrição do movimento aparente do Sol e as implicações na observação da sombra no relógio de sol (gnômon) com alunos do Ensino Fundamental e Médio.
- Avaliar o interesse despertado pelo produto educacional, sua estrutura e abordagem, através de dados coletados dos participantes que acessaram o site.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

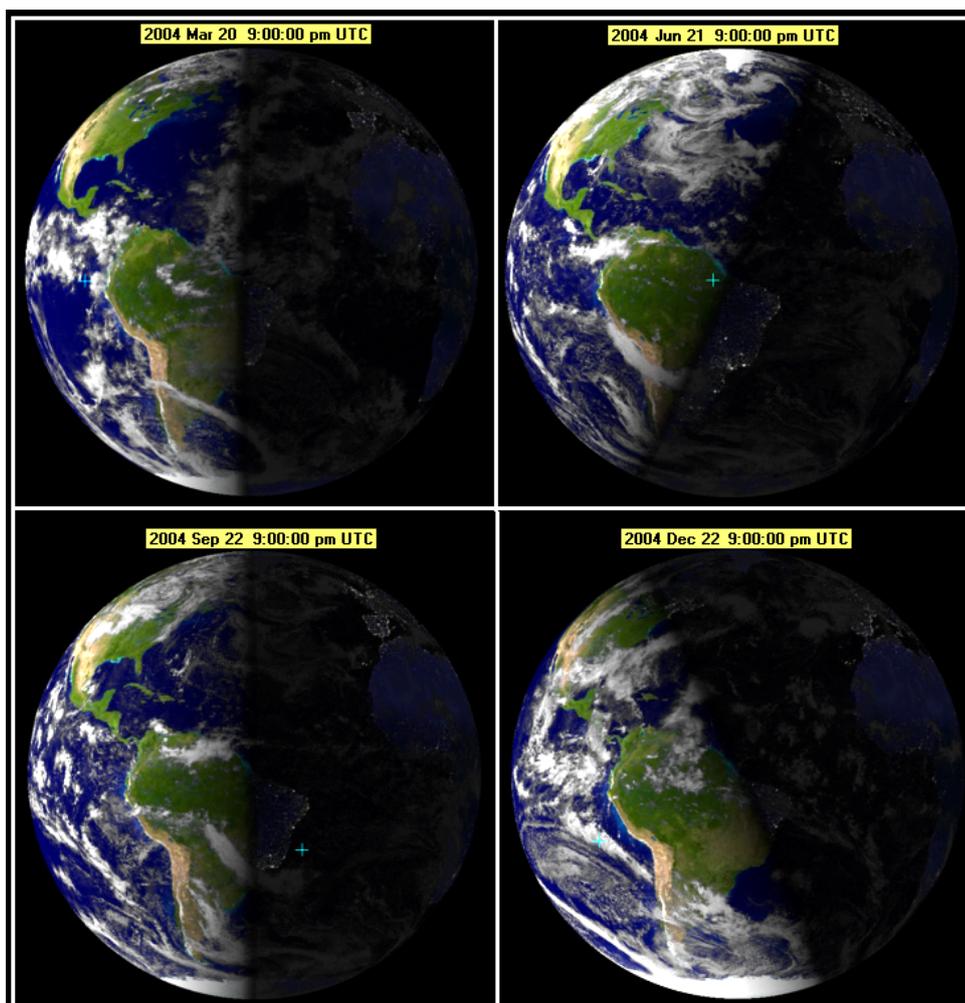
2.1 ÓRBITA DA TERRA E AS ESTAÇÕES DO ANO

As estações do ano ocorrem porque o eixo de rotação da Terra é inclinado aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao plano orbital. Em consequência dessa inclinação, um mesmo ponto na superfície da Terra não recebe a mesma quantidade de luz solar em diferentes épocas do ano.

Indicamos o início de cada uma das quatro estações do ano quando a Terra passa por quatro pontos na sua órbita ao redor do Sol: os solstícios e equinócios.

As quatro imagens da Figura 1 mostram a quantidade de luz solar que chega na Terra nos equinócios e solstícios exatamente no mesmo horário.

Figura 1 – Orientação da inclinação Terra nos solstícios e equinócios.



Fonte – Wikipedia (s.d.)

A primeira e terceira imagens, 20 de março e 22 de setembro, são nos dias dos

equinócios. Nos equinócios a quantidade de luz solar recebida nos dois hemisférios é a mesma. A segunda imagem, 21 de junho, é o solstício de verão no Hemisfério Norte e solstício de inverno no Hemisfério Sul. No solstício de junho todo o Hemisfério Norte receberá luz solar e no Hemisfério Sul não haverá luz solar para latitudes abaixo do Círculo Polar Antártico. Na quarta imagem, 22 de dezembro, temos a vista da Terra no solstício de dezembro, solstício de verão no Hemisfério Sul e solstício de inverno no Hemisfério Norte. No solstício de dezembro todo o Hemisfério Sul receberá luz solar e no Hemisfério Norte não haverá luz solar para latitudes acima do Círculo Polar Ártico.

2.2 MOVIMENTO APARENTE DO SOL

2.2.1 Declinação solar (δ)

A declinação solar é o ângulo formado pelos raios solares em relação ao plano do Equador. Ao longo do ano a declinação varia entre $-23,45^\circ$ (solstício de verão no hemisfério sul) e $+23,45^\circ$ (solstício de inverno no hemisfério sul). Quando o ângulo de declinação é igual a zero, os raios solares estão paralelos ao plano do Equador, temos os equinócios de primavera e outono.

A Figura 2 representa a posição da Terra em relação ao Sol quando o valor do ângulo de declinação atinge seu valor máximo e mínimo.

Figura 2 – Declinação solar.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

O ângulo de declinação solar para cada dia do ano é calculado pela Equação (1) de Cooper (1969).

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (1)$$

onde n representa os dias do ano, determinado com base na tabela Tabela 1.

A Figura 3 representa o gráfico de δ em função dos dias do ano (n).

Tabela 1 – Valores de n para os dias do ano para latitudes entre $-66,5^\circ$ e $+66,5^\circ$.

Mês	n para o i -ésimo dia do mês
Janeiro	i
Fevereiro	$31+i$
Março	$59+i$
Abril	$90+i$
Mai	$120+i$
Junho	$151+i$
Julho	$181+i$
Agosto	$212+i$
Setembro	$243+i$
Outubro	$273+i$
Novembro	$304+i$
Dezembro	$334+i$

Fonte – Klein (1977) apud Duffie e Beckman (2013)

Figura 3 – Ângulo de declinação solar em função de n .

Fonte – Elaborado pela autora (2020).

No gráfico temos os valores máximo e mínimo do ângulo de declinação solar para $n = 172$, 21 de junho, e $n = 355$, 21 de dezembro. Para $n = 81$ e $n = 263,5$, 22 de março e aproximadamente 20 de setembro, a declinação é zero. Esses valores correspondem aos dias de solstício, onde os valores do ângulo de declinação solar é máximo e mínimo, e aos equinócios, onde o ângulo de declinação solar é zero.

2.2.2 Ângulos horários (ω)

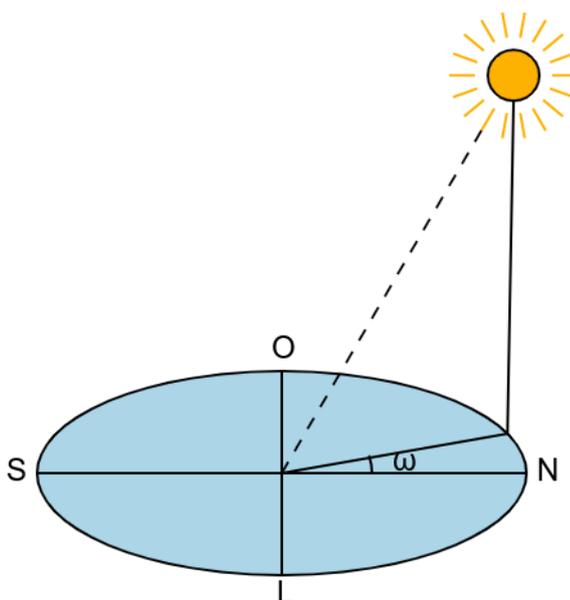
O ângulo horário (ω) é o ângulo de rotação aparente do sol a leste ou oeste do meridiano local devido à rotação da Terra em seu eixo a 15° por hora. Os ângulos horários variam entre -180° a $+180^\circ$. O ângulo horário é determinado pela Equação (2)

$$\omega = (H - 12) \times 15^\circ \quad (2)$$

onde H representa a hora local. O valor do ângulo horário é positivo de manhã e negativo à tarde.

A Figura 4 representa o ângulo horário para uma dada posição do Sol na esfera celeste.

Figura 4 – Ângulo horário.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

Os ângulos de nascer e pôr do Sol são os ângulos horários quando o ângulo de radiação incidente é $\theta = 90^\circ$. Considerando-se a simetria entre os ângulos de nascer e pôr do sol, a duração do dia solar é dada por n . A simetria da duração do dia solar resulta que os ângulos de nascer e pôr do Sol são iguais em valor absoluto.

Para o cálculo do ângulo de nascer do Sol em uma superfície no plano horizontal, utiliza-se a Equação (3)

$$\omega_0 = \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta) \quad (3)$$

onde ϕ representa a latitude do local que se está determinando o ângulo de nascer do Sol.

A Figura 5 representa o gráfico dos ângulos horários de nascer do sol, para a cidade de Florianópolis, em função dos dias do ano.

Figura 5 – Ângulos horários de nascer do Sol em função dos dias do ano para Florianópolis.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

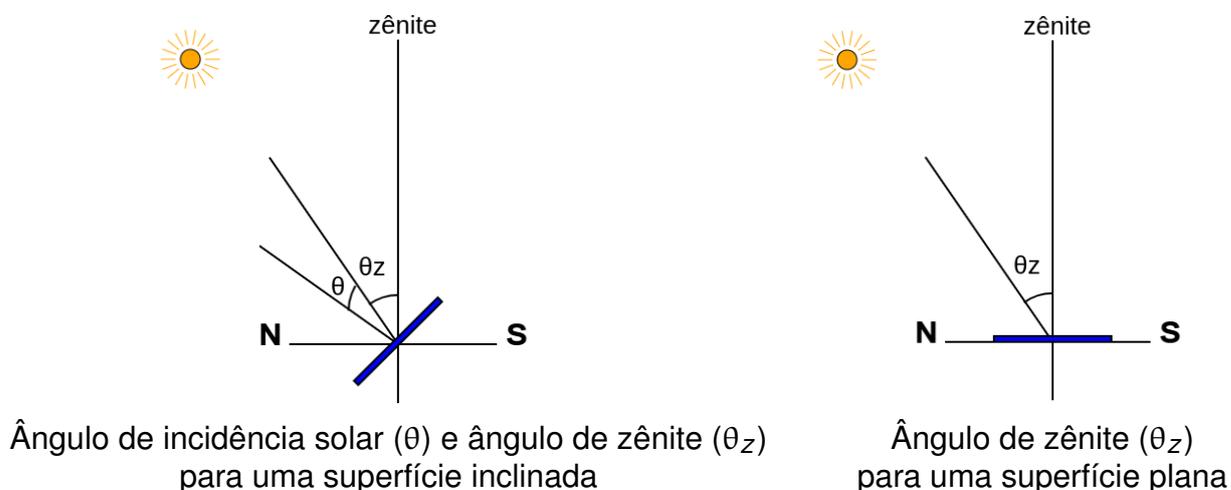
No solstício de inverno, 21/06, ($n = 172$) o ângulo de nascer do sol é mínimo, visto que o dia tem a menor duração do ano. Já o dia 21/12 ($n = 355$) é um máximo. O resultado demonstra-se coerente uma vez que o dia tem sua maior duração no solstício de verão.

2.2.3 Ângulo de incidência solar (θ) e ângulo de zênite (θ_z)

O ângulo de incidência solar (θ) é o ângulo formado entre os feixes de luz solar e a normal de uma superfície. Quando essa superfície é horizontal, chamamos o ângulo de incidência solar de ângulo de zênite (θ_z). Podemos definir o ângulo de zênite como sendo o ângulo formado por uma linha imaginária perpendicular ao solo e a linha da projeção dos raios solares.

A Figura 6 representa o ângulo de incidência solar e o ângulo de zênite sobre uma superfície.

Figura 6 – Ângulo de incidência solar e ângulo de zênite.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

O ângulo de incidência solar é determinado pela Equação (4).

$$\theta = \cos^{-1} \{ [\text{sen } \phi \cos \beta - \cos \phi \text{ sen } \beta \cos \gamma] \text{ sen } \delta + [\cos \phi \cos \beta + \text{sen } \phi \text{ sen } \beta \cos \gamma] \cos \delta \cos \omega + \cos \delta \text{ sen } \beta \text{ sen } \gamma \text{ sen } \omega \} \quad (4)$$

onde,

ϕ : latitude $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$

β : ângulo de inclinação da superfície $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$

γ : ângulo de azimute da superfície $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$

δ : ângulo da declinação solar $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$

ω : ângulo horário

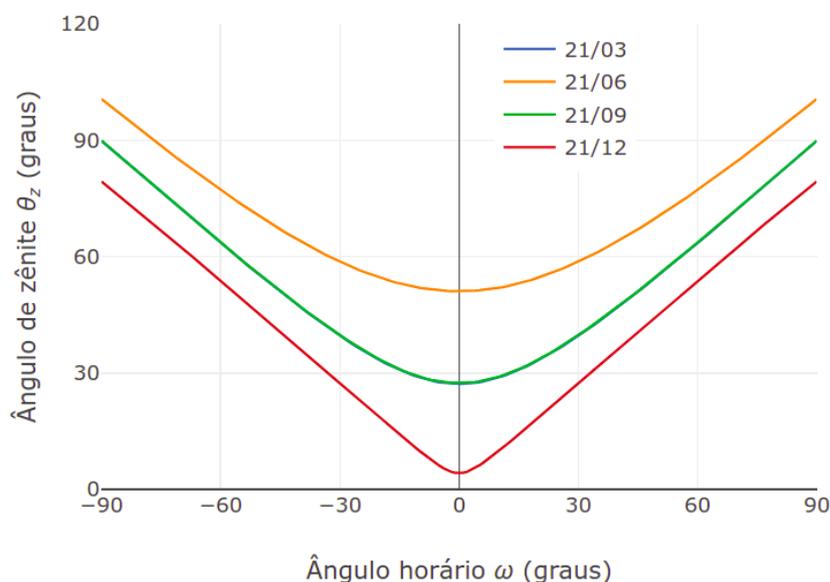
Para uma superfície horizontal, $\beta = 0$, o ângulo de incidência solar passa a ser denotado ângulo de zênite. Para esse ângulo a equação usada toma forma da Equação (5).

$$\theta_z = \cos^{-1} [\text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega] \quad (5)$$

A Figura 7 representa o gráfico da variação do ângulo de incidência solar para uma superfície horizontal, localizada em Florianópolis, em função dos ângulos horários nos equinócios e solstícios:

O gráfico mostra que no dia 21 de junho o ângulo de zênite apresenta maior ângulo de incidência solar. No dia 21 de dezembro o ângulo é menor. Isso significa que uma superfície horizontal, em Florianópolis, recebe menos radiação solar em junho e

Figura 7 – Ângulo de zênite em função dos ângulos horários para os dias de solstícios e equinócios.



Fonte – Elaborado pela autora (2020)

mais radiação solar em dezembro. O que faz sentido, uma vez que, no Hemisfério Sul, é inverno em junho e verão em dezembro.

2.2.4 Altura solar (α)

Altura solar, ou ângulo de altitude solar, é o ângulo formado pelo sol com o plano do horizonte. Ele varia ao longo do dia com o movimento aparente do Sol. Devido à declinação, o Sol descreve uma trajetória aparente no céu diferente a cada dia do ano. No inverno a altura solar é menor (sol mais “baixo”); no verão a altura solar é maior (sol mais “alto”). $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Os ângulos θ_z e α são complementares. Logo, $\theta_z + \alpha = 90^\circ$.

A Figura 8 representa o ângulo de altura solar (α) na trajetória aparente do Sol.

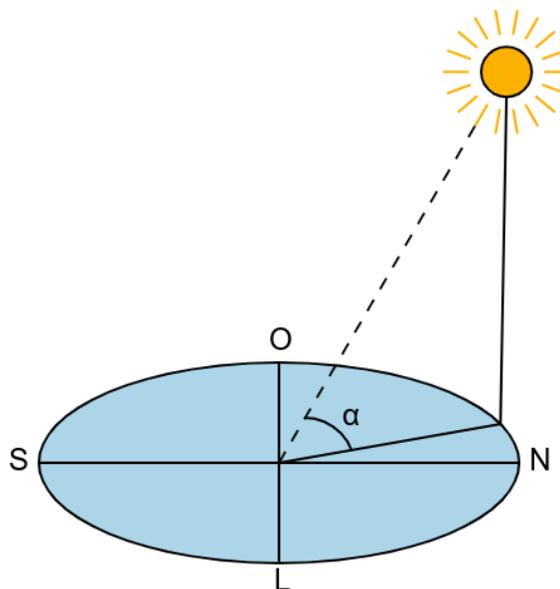
O ângulo de altura solar para cada hora do dia é calculado pela equação Equação (6).

$$\alpha = \text{sen}^{-1}(\cos \theta_z) \quad (6)$$

A Figura 9 representa o gráfico do ângulo de altura solar (α) em função dos dias do ano.

Observamos no gráfico que a altura solar é mínima no solstício de inverno e máxima no solstício de verão.

Figura 8 – Altura solar.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

Figura 9 – Ângulo de altura solar em função dos dias do ano para o meio dia.



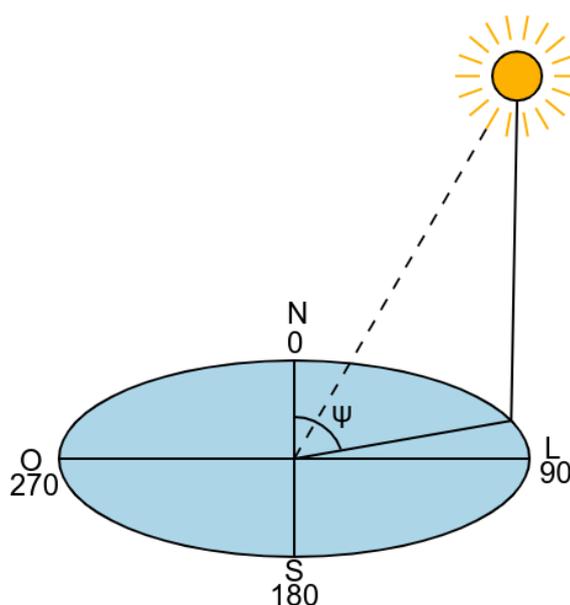
Fonte – Elaborado pela autora (2020)

2.2.5 Azimute solar (ψ)

O azimute solar é o ângulo que a projeção do Sol faz com a direção norte sobre o horizonte. Ele é medido no sentido horário entre a direção norte e a projeção do raio solar.

A Figura 10 representa o azimute solar.

Figura 10 – Ângulo de azimute solar.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

Podemos definir a trajetória do Sol na esfera celeste através dos ângulos de azimute (ψ) e altura solar (α). A trajetória do sol na esfera celeste chamamos de diagrama solar.

O ângulo de azimute solar é calculado pela equação Equação (7).

$$\psi = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen } \alpha \text{ sen } \phi - \text{sen } \delta}{\cos \alpha \cos \phi} \right] \quad (7)$$

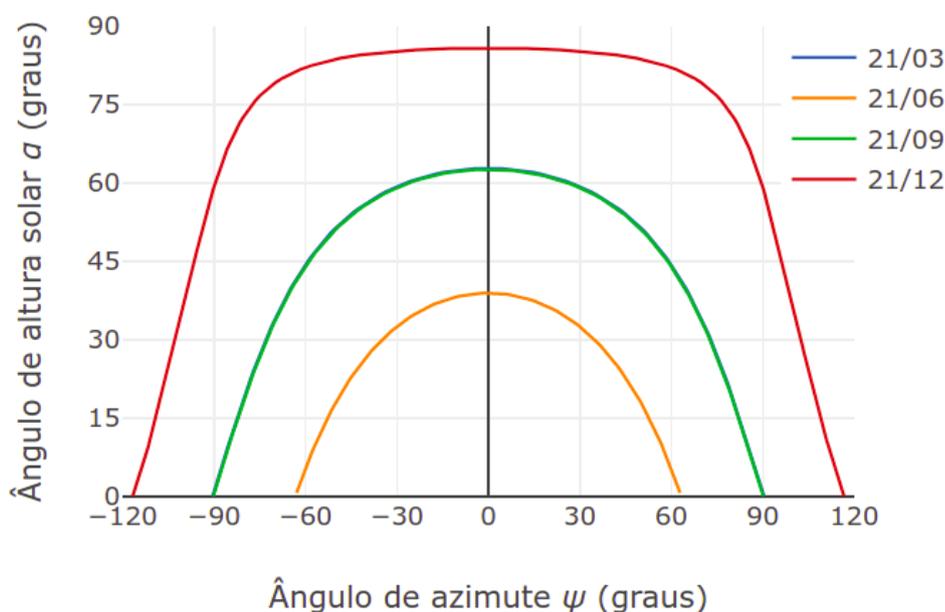
O diagrama solar pode ser interpretado como a projeção das trajetórias solares ao longo da esfera celeste durante todo o ano.

Como o Sol nasce, aproximadamente, a leste e se põe, aproximadamente, a oeste, o primeiro ponto, situado a leste, no diagrama solar representa o momento em que o Sol nasce e o último ponto, situado a oeste, o momento em que o sol se põe. O ponto mais alto no diagrama solar representa o meio dia solar.

No verão temos dias mais longos e vemos o Sol “mais alto”. No inverno temos o contrário, os dias são mais curtos e vemos o Sol “mais baixo”. Nos equinócios o Sol ocupa uma posição intermediária entre os dois solstícios.

Podemos representar o diagrama solar graficamente, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Diagrama do dia solar para Florianópolis.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

No gráfico, assim como esperado, altura solar é maior no dia 21 de dezembro, aproximadamente solstício de verão no Hemisfério Sul, e menor no dia 21 de junho, aproximadamente solstício de inverno no Hemisfério Sul. Podemos ver no gráfico também, no eixo do ângulo de azimute, que os dias são mais longos no verão e mais curtos no inverno. Temos também que para os dias de equinócio, aproximadamente 21 de março e 21 de setembro, a altura solar e a duração dos dois dias é a mesma.

2.3 TEMPO SOLAR E TEMPO LOCAL

A medida de tempo que usamos é baseada na rotação aparente da esfera celeste, provocada pelo movimento de rotação da Terra. Dependendo do objeto que usamos como referência, temos o tempo solar e o tempo sideral (OLIVEIRA, K. de; FÁTIMA SARAIVA, 2014, p. 35).

O dia sideral é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do ponto Vernal, que é o cruzamento do equador e eclíptica, onde está o Sol próximo do equinócio de março, pelo meridiano do lugar. Já o intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do lugar é definido como o dia solar. O dia solar é 3 minutos e 56 segundos mais longo que o dia sideral devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol. Esse movimento de translação causa o des-

locamento aparente do Sol em aproximadamente 1° (4 minutos) (OLIVEIRA, K. de; FÁTIMA SARAIVA, 2014).

O tempo solar não coincide com o tempo marcado no relógio (hora oficial local). Se observarmos o Sol no mesmo local e no mesmo instante durante vários dias vamos notar que o Sol não vai estar exatamente na mesma posição.

O tempo solar é a medida de tempo baseada no movimento angular aparente do Sol no céu com o meio dia solar sendo o tempo em que o Sol cruza o meridiano do observador.

O tempo solar é dado pela equação que segue abaixo:

$$T_{sol} = T_{loc} + 4(L_{ref} - L_{loc}) + E_t \quad (8)$$

A relação proposta por Spencer (1971) de E_t é dada por,

$$E_t = 229,18(0,000075 + 0,001868 \cos \Gamma - 0,032077 \sin \Gamma - 0,014615 \cos 2\Gamma - 0,04089 \sin 2\Gamma) \quad (9)$$

onde Γ é definido por

$$\Gamma = \frac{2\pi(n-1)}{365} \quad (10)$$

onde n está definido para cada dia do ano.

Por conta da obliquidade da eclíptica e a órbita da Terra ao redor do Sol ser uma elipse, a posição do Sol num mesmo instante muda ao longo do ano. Isso significa que o Sol não vai estar num mesmo ponto todos os dias no mesmo horário.

A Figura 12 representa o gráfico que mostra quanto o Sol estará atrasado ou adiantado, em minutos, em função dos dias do ano, para um mesmo local ao meio dia. Para valores positivos, no eixo dos minutos, o Sol está “adiantado” e para valores negativos o Sol está “atrasado”. Esse gráfico é chamado de curva da equação do tempo.

Um resultado desse atraso ou adiantamento do Sol é que se fotografássemos o Sol, durante um ano, todos os dias no mesmo horário (hora local) e com a câmera apontada para o mesmo lugar, obteríamos uma figura em forma de 8 ao sobrepor todas as imagens. Esta figura que encontramos sobrepondo as imagens é chamada de analema.

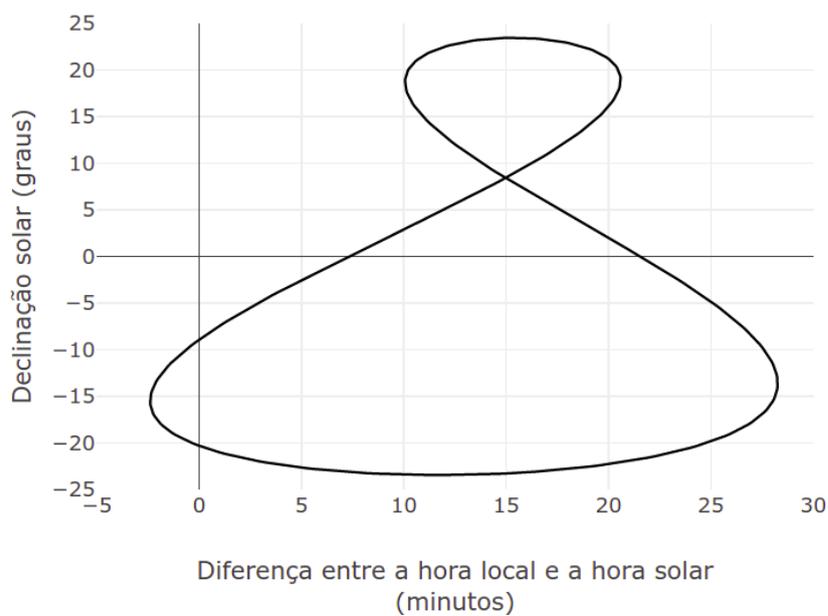
Podemos representar o analema graficamente. No Figura 13 temos o gráfico da variação da declinação solar plotada contra a diferença da hora local e da hora solar, referente ao meio dia, para a cidade de Florianópolis.

Figura 12 – Curva da equação do tempo.



Fonte – Elaborado pela autora (2020)

Figura 13 – Analema para a cidade de Florianópolis para o meio dia local.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

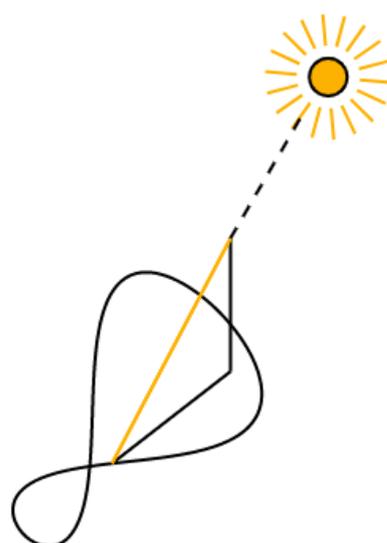
2.4 RELÓGIO DE SOL: O GNÔMON

O relógio de Sol mede a passagem do tempo através da observação da posição e do tamanho da sombra de uma haste projetada pelo Sol ao longo do dia.

O mais simples relógio de Sol consiste em uma haste fixada, verticalmente, no solo. Esse tipo de relógio de sol é também chamado de gnômon. Fazemos as marcações da ponta da sombra da haste projetada pelo Sol. A haste é o ponteiro do relógio e as marcações feitas pela projeção da sua sombra são o indicador das horas.

As horas marcadas em um relógio de Sol raramente coincidem com as horas marcadas em um relógio (hora local). Se marcarmos a ponta da sombra de um gnômon num mesmo horário (hora local) durante todos os dias do ano, a figura formada pelas marcações tem o formato de um analema, como representado pela Figura 14.

Figura 14 – Analema formado pela sombra de um gnômon.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

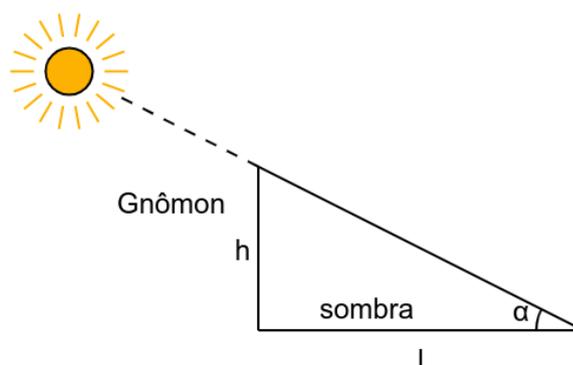
Com o gnômon podemos determinar a altura do Sol, o meio dia solar, os quatro pontos cardeais e até mesmo o início das estações do ano e o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica.

Determinação da altura do Sol com o gnômon:

Para determinar a altura solar precisamos saber o comprimento da haste e medir o comprimento da sua sombra em dado instante. O ângulo de altura solar é o ângulo que os raios solares formam com o horizonte.

A Figura 15 representa a construção do gnômon. Onde h é o comprimento da haste (gnômon), l é o comprimento da sombra do gnômon e α é o ângulo de altura solar que queremos determinar para esse instante.

Figura 15 – Construção de um gnômon.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

Sabendo o comprimento da haste e da sua sombra em um dado instante, o ângulo da altura do Sol é o ângulo formado entre a linha da projeção da sombra e dos raios solares. Podemos desenhar, em escala, o triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra e medir esse ângulo com um transferidor.

Podemos usar a relação trigonométrica da tangente, dada pela Equação (11):

$$\tan(\alpha) = \frac{\textit{cateto oposto}}{\textit{cateto adjacente}} \quad (11)$$

Para esta situação, o cateto oposto ao ângulo α é a altura da haste e o cateto adjacente a esse ângulo é a sombra da haste:

$$\tan(\alpha) = \frac{h}{l} \quad (12)$$

Determinação dos pontos cardeais:

A sombra da haste tem seu comprimento máximo no nascer do sol e conforme o Sol vai “subindo” no horizonte o comprimento da sombra vai diminuindo. Quando o Sol atinge sua altura máxima, ao meio dia solar, o comprimento da sombra é mínimo.

Devido ao movimento de rotação da Terra, o Sol nasce aproximadamente a leste e se põe aproximadamente a oeste. Somente nos dias dos equinócios o Sol nasce exatamente a leste e se põe exatamente a oeste. Quando o Sol atinge sua altura máxima ele está localizado exatamente a Norte-Sul do observador. Dessa forma, podemos determinar os pontos cardeais.

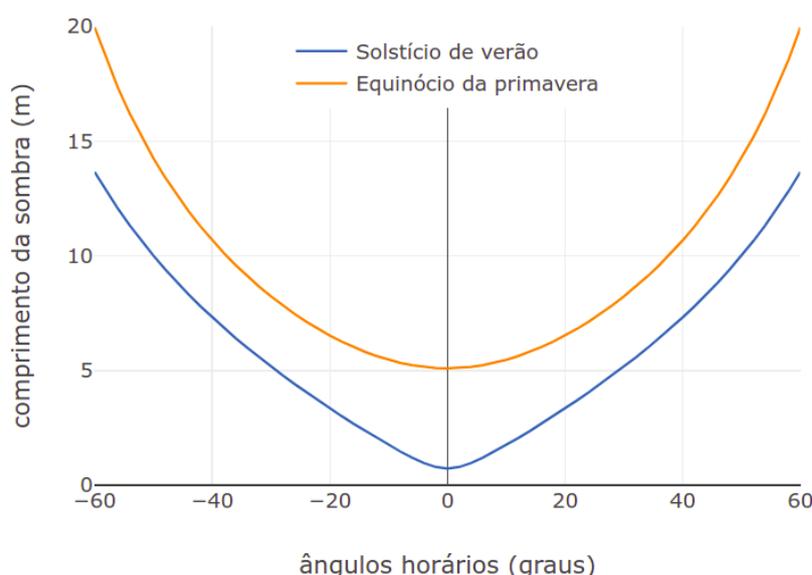
Com a haste ao centro, traçamos uma reta na direção da menor projeção da sombra e uma outra reta perpendicular a ela. Assim, encontramos os pontos cardeais. O leste é o lado em que o Sol nasce e oeste lado que ele se põe. Em geral para um observador no Hemisfério Sul o Sol aponta para o Norte, projetando a sombra de um objeto para o sul.

Determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica:

O comprimento da sombra da haste não vai ser o mesmo todos os dias do ano. A Terra possui uma inclinação do eixo de rotação em relação à eclíptica, a obliquidade da eclíptica. Isso faz com que o Sol pareça estar mais “mais alto” ou “mais baixo” no horizonte ao longo do ano, fazendo com que o comprimento da sombra da haste seja diferente em um mesmo horário para dias diferentes do ano.

Para estimar o valor do ângulo da obliquidade da eclíptica nós precisamos do valor do comprimento da sombra da haste ao meio dia solar (horário em que a sombra da haste terá seu menor valor) em um dos solstícios e do comprimento da sombra da haste em um dos equinócios.

Figura 16 – Comprimento da sombra de uma haste de 10 metros.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

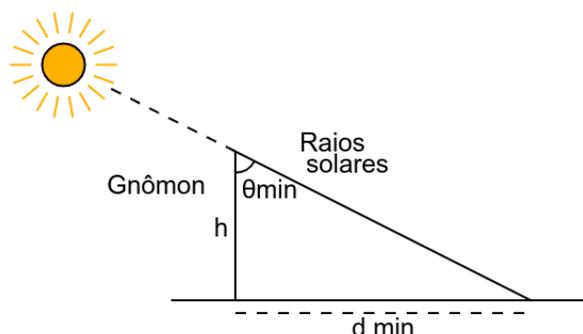
A Figura 16 representa o gráfico do comprimento da sombra de uma haste de 10 metros em função dos ângulos horários, na cidade de Florianópolis, para os dias do solstício de verão e equinócio de primavera.

O gráfico pode ser feito, também, em função das horas do dia, e não dos ângulos horários.

Com o menor comprimento da sombra da haste (no meio dia solar), para esses dois dias, podemos determinar o menor ângulo de incidência dos raios solares.

O ângulo de incidência solar é o ângulo formado entre a haste e os raios solares, como representado na Figura 17. Como estamos usando o menor comprimento da sombra da haste (d_{min}), temos o menor comprimento do ângulo de incidência solar

Figura 17 – Triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra.



Fonte – Elaborado pela autora (2020).

(θ_{min}). Podemos desenhar, em escala, o triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra e medir esse ângulo com um transferidor.

Além de fazer a medida com o auxílio de um transferidor, podemos usar, também, a relação trigonométrica da tangente.

Para esse caso, o cateto oposto ao ângulo θ_{min} é a sombra da haste (d_{min}) e o cateto adjacente a esse ângulo é a altura (h) da haste:

$$\tan(\theta_{min}) = \frac{d_{min}}{h} \quad (13)$$

A Tabela 2 exemplifica a situação. Os dados da tabela foram gerados através das equações dos ângulos do movimento aparente do Sol apresentadas neste capítulo.

Tabela 2 – Valores obtidos.

Dia	h (m)	sombra (m)	θ (graus)
22/09	10	5,094	26,9
22/12	10	0,726	4,1

Fonte – Elaborado pela autora (2020)

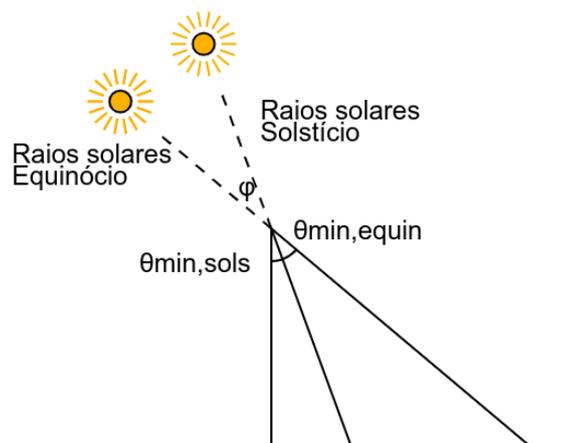
Nos solstícios a Terra passa pela posição em que o Sol alcança sua maior declinação, em módulo, e nos equinócios essa declinação zero.

A Figura 18 compara os dois ângulos, no solstício de verão ($\theta_{min,sols}$) e no equinócio de primavera ($\theta_{min,equin}$), com o ângulo do eixo de rotação da Terra (ϕ).

Na figura o ângulo formado entre os raios solares do solstício de verão e do equinócio corresponde ao ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica. É fácil ver que para determiná-lo nós vamos subtrair o valor do ângulo de incidência mínima do equinócio e do solstício:

$$\phi = \theta_{min,equin} - \theta_{min,sols} \quad (14)$$

Figura 18 – Triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra.



Fonte – Elaborado pela autora (2020)

Obtemos, então, a obliquidade da eclíptica:

$$\phi = 26,9^\circ - 4,1^\circ = 22,8^\circ \quad (15)$$

que é bem próximo do valor real de $23,5^\circ$.

3 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

3.1 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa consiste na elaboração de um produto educacional desenvolvido para uso on-line, versando sobre o movimento aparente do Sol e suas consequências na Terra e na percepção e registro da passagem do tempo. O produto consiste de um texto intercalado com perguntas de múltipla escolha pensadas para auxiliar na fixação do conteúdo e engajar o participante.

A primeira parte da pesquisa consiste no aplicativo que segue uma sequência de tópicos referentes ao movimento aparente do Sol e suas consequências na medição do tempo na Terra. Esses tópicos serão seguidos de perguntas com respostas objetivas que os estudantes deverão responder com o apoio dos textos, imagens, animações e gráficos apresentados.

A elaboração desse roteiro de atividades está embasada em conhecimentos cientificamente aceitos há décadas, quando não há séculos, resumidos na bibliografia citada na revisão bibliográfica deste trabalho.

Os participantes não estarão necessariamente na escola e não terão contato com algum professor para orientá-los durante o desenvolvimento da série de atividades, nos atentamos a trabalhar por blocos de conteúdos seguidos de perguntas. Ao clicar na resposta que julga ser correta, os participantes saberão imediatamente se acertaram ou se erraram a resposta. Por não tratar-se de um jogo e não haver qualquer tipo de competição, não há pontuação para respostas corretas ao final da sequência de atividades.

A divulgação do site foi feita em dois momentos. No primeiro momento, através dos contatos pessoais dos pesquisadores, visando principalmente, mas não exclusivamente, professores e estudantes de ensino fundamental e médio, solicitando a colaboração dos contatados para a sua divulgação. Entre os dias 18 e 24 de novembro de 2020 a divulgação foi feita pelo WhatsApp para 13 professores, 1 grupo com 10 professores e 3 ex estudantes de cursos de licenciatura. Desse total de 26 contatos, 23 são de Santa Catarina, 1 de São Paulo 1 do Pará e 1 do Rio de Janeiro. Dos 23 professores que atuam na rede básica de ensino, 6 trabalham exclusivamente no ensino fundamental, 13 trabalham exclusivamente no ensino médio e 4 trabalham com o ensino fundamental e médio.

No segundo momento, nos dias 18 e 26 de fevereiro de 2021, foram enviados e-mails, para 130 contatos, novamente solicitando a colaboração para a divulgação do site entre os professores, alunos, pais e para a população em geral. O cartaz feito para ajudar na divulgação do site encontra-se nos apêndices deste trabalho.

Dos 130 contatos, foram, 8 sindicatos de trabalhadores em educação, 10 escolas, 44 coordenadores dos polos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de

Física, 44 alunos e ex alunos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 15 centros de formação e atualização dos profissionais da educação básica, 1 Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 1 Programa de Pós-Graduação em Educação, 1 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, 1 Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 1 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, 3 Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, 1 Mestrado Profissional em Ensino de Ciências.

Em relação às unidades da federação, os números estão representados na Tabela 3:

Tabela 3 – Relação das unidades de federação dos contatos.

UF	número de contatos
AC	1
AL	1
AM	1
BA	5
CE	4
DF	1
ES	1
GO	2
MA	2
MG	2
MS	1
MT	19
PA	3
PB	1
PE	4
PR	10
RJ	3
RN	3
RO	1
RR	1
RS	3
SC	56
SP	4
TO	1

Fonte – O autor (2020)

A sequência de atividades foi planejada para ocorrer via internet sem ter a imposição de ocorrer durante as aulas de ensino presencial, ensino a distância, remoto ou outra modalidade. O registro das respostas é feito automaticamente pelo aplicativo, e como os participantes não estarão na escola e não estarão em horário de aula, não é necessário o uso de registro audiovisual ou de qualquer outro tipo durante o acesso dos estudantes à atividade proposta.

Além do registro da distribuição das perguntas respondidas, o aplicativo coleta o número de acessos ao aplicativo, o número de usuários registrados e a taxa de acertos

das perguntas. Na análise dos resultados vamos explorar e considerar todos os dados obtidos.

Por se tratar de uma pesquisa onde não foram coletados quaisquer dados pessoais que permitam a identificação dos participantes nem dos dispositivos utilizados por eles para responder os questionários, o projeto intitulado: “O Sol, a Terra e o Tempo: um produto educacional para o ensino de ciências”, pediu dispensa de TCLE. Ainda assim, os participantes, ao aceitar participar da pesquisa, puderam ler um documento de teor equivalente ao de um TCLE. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número: 39418420.4.0000.0121

3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO PRODUTO

O produto educacional desenvolvido foi hospedado em um site, sendo composto de 40 questões de múltipla escolha precedidas de textos explicativos, imagens, animações e simulações.

Os participantes não precisam responder a todas as questões de uma só vez, podendo retornar ao questionário sempre que quiserem, à medida que desejarem, se desejarem.

O produto educacional encontra-se nos apêndices deste trabalho, podendo ser acessado também através da URL <http://www.solterratempo.pro.br/>

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresentamos, neste capítulo, os resultados da análise quantitativa extraída dos arquivos de dados.

São quatro arquivos de dados que vamos analisar. O arquivo fase1.txt coleta as respostas dos participantes ao acessar o site pela primeira vez. Nesta fase fazemos uma pequena apresentação sobre o projeto.

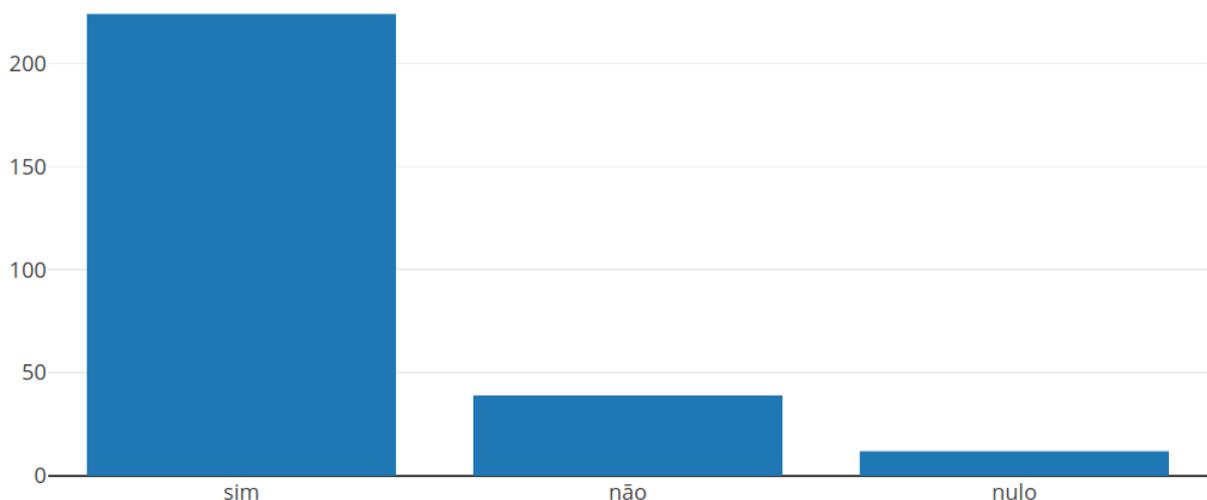
Ao clicar em sim, o site abre a fase seguinte. O arquivo fase2.txt coleta as respostas dos participantes. Nesta fase explicamos as informações que vamos coletar. Os participantes, ao aceitarem participar da pesquisa, podem ler um documento de teor equivalente ao de um TCLE (que consta nos apêndices deste trabalho).

A fase seguinte gera o código do participante. O arquivo fase3.txt coleta as respostas em relação ao grau de escolaridade e a unidade da federação do participante.

Após passar essas três fases, o participante é direcionado ao produto educacional. Como geramos um código para cada participante, eles podem ler os textos gradualmente e responder às perguntas no ritmo que quiserem, parando e retornando quando quiserem. O arquivo salvar.txt coleta o dia e a hora em que os participantes responderam às perguntas e as respectivas respostas marcadas.

Os arquivos de dados foram baixados dia 02 de abril de 2021 às 09:29:17. Todos os arquivos de dados usados na análise deste capítulo, assim como os textos informativos contidos em cada fase dos arquivos de dados, estão nos apêndices deste trabalho.

Figura 19 – Total de entradas na fase 1 do site.



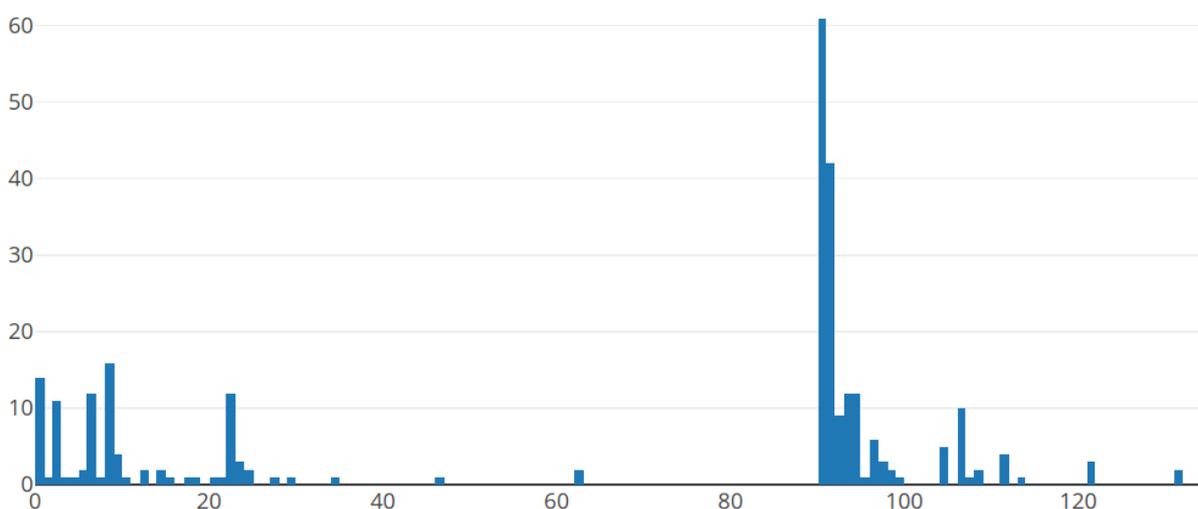
Fonte – Elaborado pela autora (2021).

A Figura 19 representa o gráfico do total de entradas no site. Até o dia 02 de abril

de 2021 tivemos 275 entradas no site. Desse total, após lerem o texto informativo nessa primeira fase, 224 participantes se mostraram interessados em conhecer o nosso trabalho e prosseguiram para a próxima fase. 39 marcaram não estar interessados em saber mais sobre o projeto e talvez participar da pesquisa e 12 participantes não marcaram nenhuma das duas alternativas, sim ou não, e apenas saíram do navegador.

O número total de entradas é maior do que o número de contatos para os quais divulgamos o produto. Como descrito na metodologia, divulgamos o nosso produto para 156 contatos. Mesmo o número de entradas no site tendo superado o número de contatos, nossa expectativa era de atingir um número maior de participantes.

Figura 20 – Data de entrada na fase 1 no site.



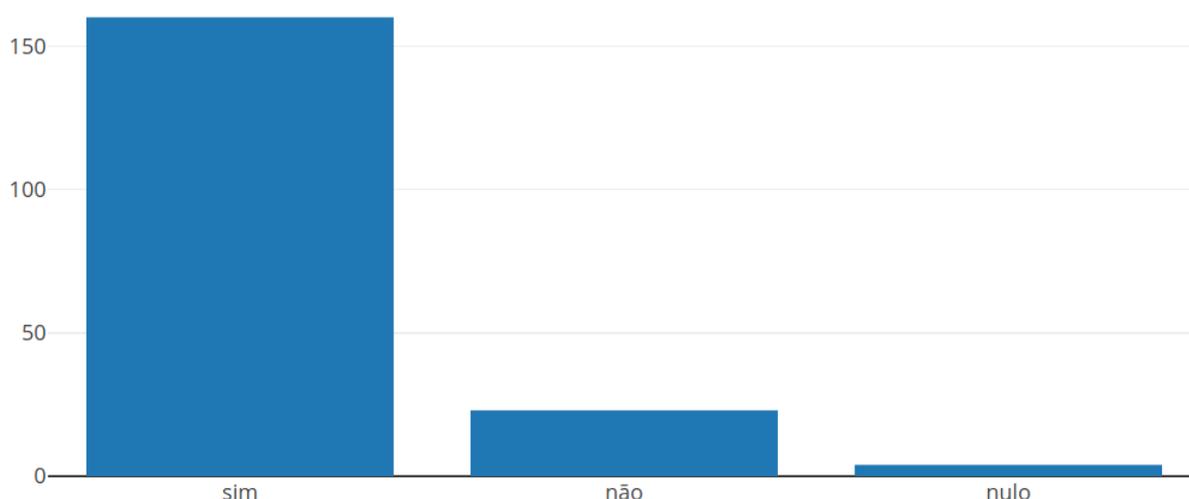
Fonte – Elaborado pela autora (2021).

A Figura 20 representa o gráfico dos dias em que os participantes acessaram o site e responderam a fase 1. O eixo x corresponde aos dias de acesso, contando a partir da data 18-11-2020, e o eixo y a quantidade de participantes. Podemos ver que o gráfico possui o maior número de entradas, 61 entradas, no dia 90. Esse dia equivale à data 18 de fevereiro de 2021. Nos dias 18 e 26 de fevereiro fizemos a segunda parte da divulgação do produto. O produto foi divulgado, por e-mail, para 130 contatos. Os 130 contatos incluíram escolas, sindicatos de trabalhadores em educação, cursos de pós-graduação em ensino e coordenadores, alunos e ex alunos dos polos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Podemos observar que o dia em que a segunda divulgação foi feita ocasionou na maior entrada de participantes no site. A segunda maior entrada foi no dia 91, com 42 entradas. Esse dia corresponde ao dia 19 de fevereiro de 2021.

O terceiro maior número de entradas aconteceu no dia 8. Neste dia, correspondente à data 26 de novembro de 2020, tivemos o total de 16 entradas no site. A

primeira divulgação, feita pelo WhatsApp, ocorreu entre os dias 18 e 24 de novembro. A primeira divulgação foi feita para um número bem menor de contatos. Divulgamos para 26 contatos, incluindo professores do ensino fundamental e médio e ex alunos de cursos de licenciatura.

Figura 21 – Total de entradas na fase 2 do site.



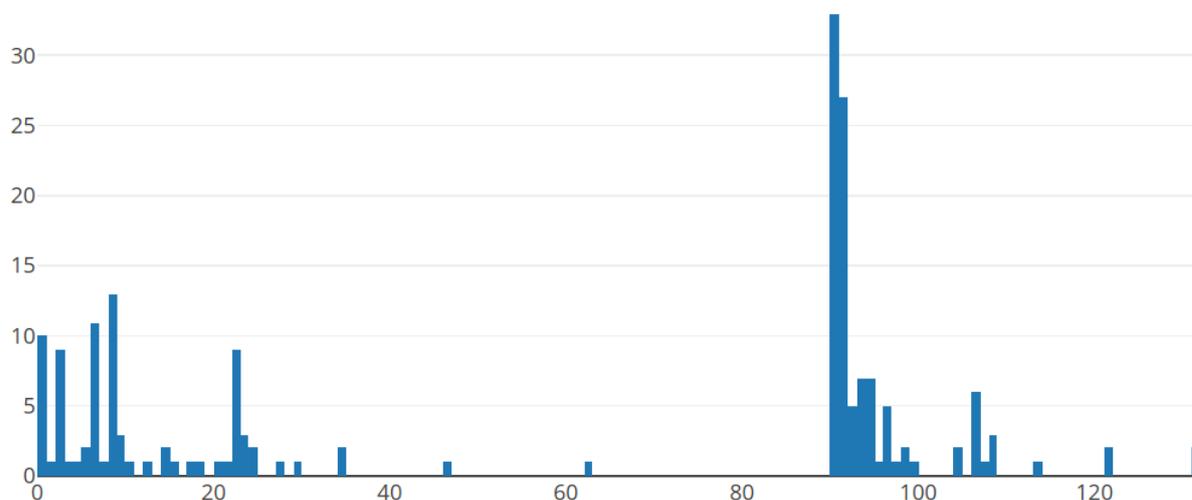
Fonte – Elaborado pela autora (2021).

A Figura 21 representa o gráfico do total de entradas na segunda fase no site. Até o dia 02 de abril de 2021 tivemos 187 entradas na segunda fase. Essa fase traz uma pequena explicação sobre os dados que queremos e que serão coletados e um documento de teor equivalente ao de um TCLE com informações mais detalhadas sobre os objetivos da pesquisa, sobre os potenciais riscos e benefícios e sobre os direitos como participante da pesquisa. Assim como na fase anterior, o participante pode escolher continuar ou não no site.

Dos 187 participantes que acessaram a fase 2, 160 marcaram que gostariam de participar da pesquisa. 23 não se interessaram em continuar e 4 apenas saíram do site. Do total de entradas na fase 1 para o total de entradas na fase 2 houve uma redução de 88 entradas. Foram 275 entradas na fase 1 e 187 entradas na fase 2. Esse valor representa uma redução de 32% do total de entradas da fase 1 para a fase 2.

A Figura 22 representa o gráfico dos dias em que os participantes acessaram o site e responderam a fase 2. O eixo x corresponde aos dias de acesso, contando a partir da data 18-11-2020, e o eixo y a quantidade de participantes. Assim como o gráfico da fase 1, podemos observar que os dias com o maior número de entradas na fase 2 foram os mesmos da fase 1. No dia 90, correspondente a data 18 de fevereiro de 2021, tivemos 33 entradas. O segundo maior número de entradas aconteceu no dia seguinte, 91, corresponde ao dia 19 de fevereiro de 2021, onde tivemos 27 entradas.

Figura 22 – Data de entrada na fase 2 no site.

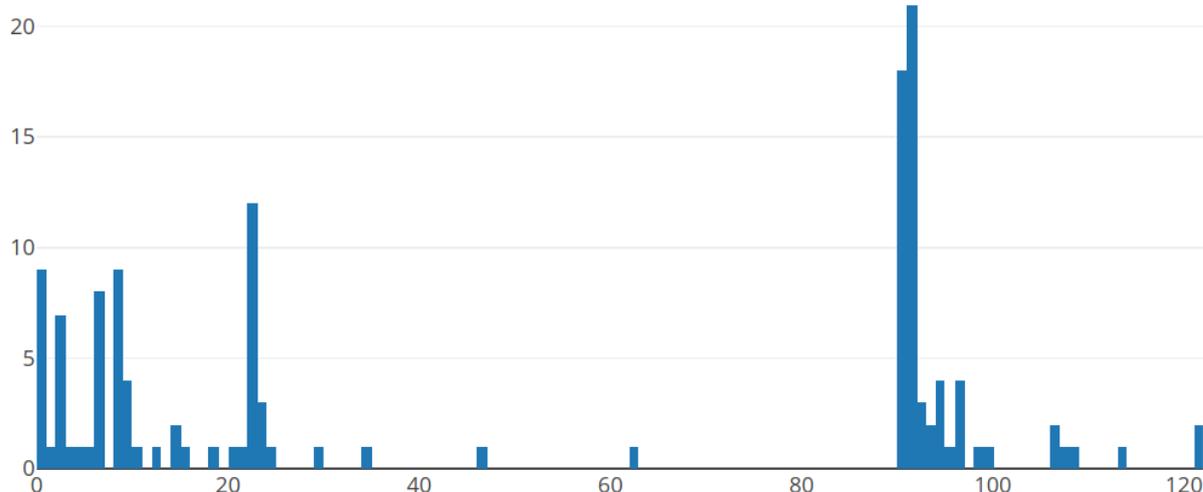


Fonte – Elaborado pela autora (2021).

No dia 8, 26 de novembro de 2020, tivemos o terceiro maior número de entradas, assim como na fase 1. Para esta data foram 13 entradas.

Em relação à redução no número de entradas, da fase 1 para a fase 2, tivemos uma diminuição de 28 participantes no dia 90, 18 de fevereiro de 2021 e 15 participantes no dia 91, 19 de fevereiro de 2021. As entradas do dia 8, 26 de novembro de 2020, se mantiveram mais estáveis. Neste dia as entradas foram de 16 para 13.

Figura 23 – Data de entrada na fase 3 no site.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

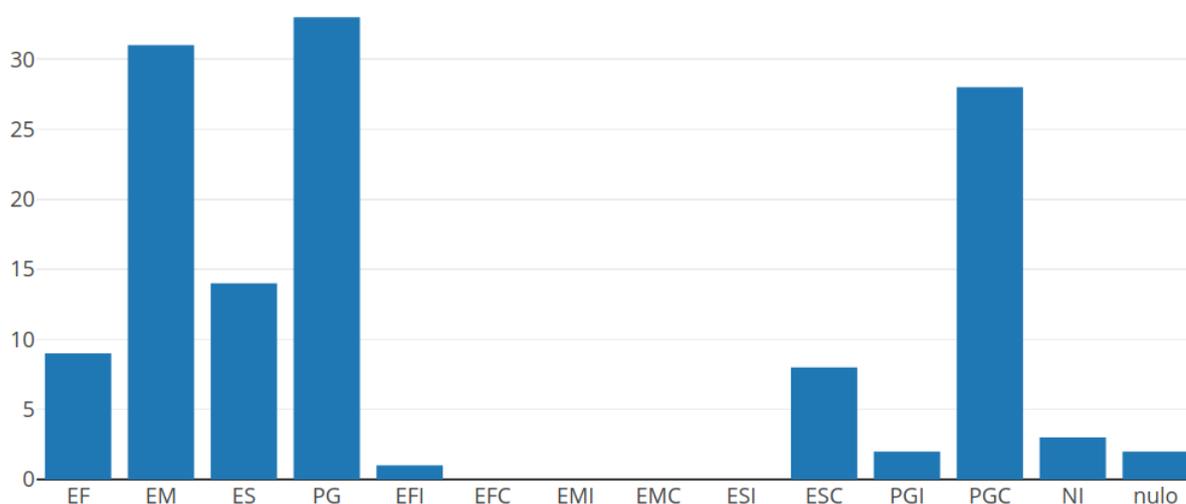
O gráfico representado na Figura 23, no qual o eixo x corresponde aos dias de

acesso, contando a partir da data 18-11-2020, e o eixo y a quantidade de participantes, mostra que o total de entradas na fase 3 também diminuíram. Foram 131 entradas no total. Esse dado mostra que do total de 275 participantes que acessaram o site, menos da metade se interessaram em conhecer o produto e participar da pesquisa.

Ao compararmos o mesmo gráfico da fase 1, observamos que a faixa de dias da primeira divulgação, que ocorreu entre os dias 18 e 24 de novembro de 2020, não variou expressivamente como as entradas na segunda divulgação. O dia 90, por exemplo, corresponde ao dia da segunda divulgação, 18 de fevereiro de 2021. Na primeira fase, para esse dia, tivemos 61 entradas. Já na fase 3, o número de entradas foi para 18.

Os picos de entradas na primeira divulgação, que ocorreu entre 18 e 24 de novembro de 2020, aconteceram nos dias 0, 2, 6, 8 e 22. Esses dias correspondem às datas 18, 20, 24, 26 de novembro e 10 de dezembro de 2020. Para o dia 0 temos 14 entradas na fase 1 e 9 entradas na fase 3. No dia 2 temos 11 entradas na fase 1 e 7 na fase 3. No dia 6 temos 12 entradas na fase 1 e 8 entradas na fase 3. No dia 8 temos 16 entradas na fase 1 e 9 entradas na fase. No dia 22 temos 12 entradas tanto na fase 1 quanto na fase 3.

Figura 24 – Escolaridade dos participantes.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

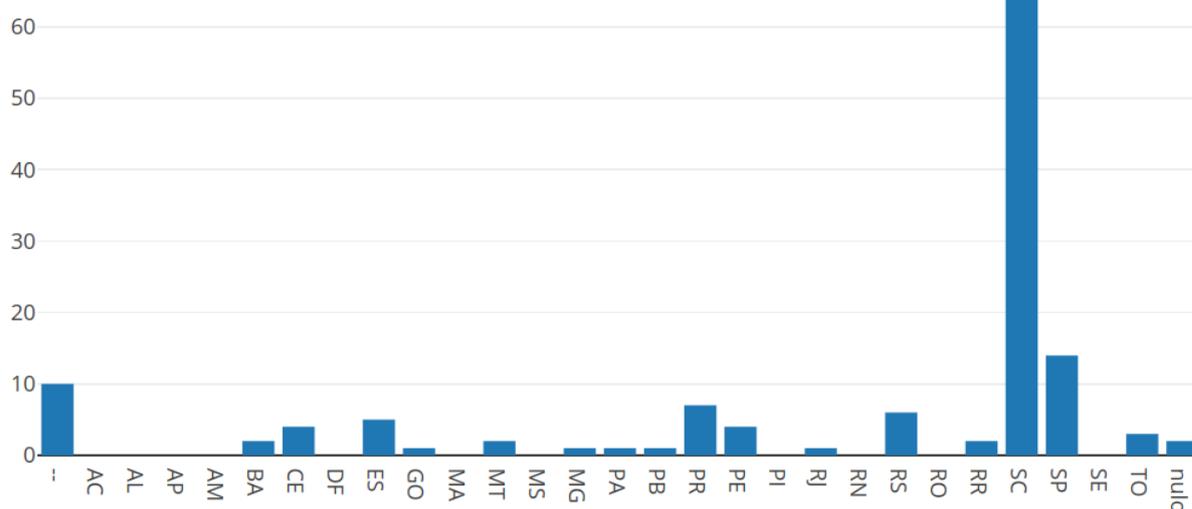
A Figura 24 representa o gráfico da escolaridade dos participantes que aceitaram conhecer nosso produto. Do total de 131 entradas, 33 participantes disseram ser estudantes de pós graduação (PG), 31 estudantes de ensino médio (EM), 28 disseram ter pós-graduação completa (PGC), 14 estudantes de ensino superior (ES), 9 estudantes de ensino fundamental, 8 com ensino superior completo (ESC), 2 com pós-graduação incompleta (PGI) e 1 participante marcou ensino fundamental incompleto

(EFI). Nulos e não informados somam 5.

Podemos observar no gráfico que o maior número de entradas foram de participantes que já haviam concluído o ensino básico. Somando os números no gráfico correspondentes ES (ensino superior), PG (pós graduação), ESC (ensino superior completo), PGI (pós-graduação incompleta) e PGC (pós-graduação completa) temos 85 participantes. Esse número representa cerca de 64,88% do total de 131 entradas.

Em relação aos participantes do ensino básico, o gráfico nos mostra que somando os valores informados em EF (ensino fundamental), EM (ensino médio) e EFI (ensino fundamental incompleto) temos um total de 41 entradas. Esse valor representa cerca de 31,29% do total de entradas.

Figura 25 – Unidade da Federação dos participantes.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

O gráfico representado na Figura 25 traz a unidade da federação que os participantes marcaram como sendo onde residem. Como descrito na metodologia, o maior número de contatos para os quais divulgamos o produto pertenciam à unidade da federação de Santa Catarina, 79 contatos nas duas divulgações. Seguido de Santa Catarina estão o Mato Grosso e Paraná, respectivamente. No gráfico podemos observar que, dos 131 participantes na fase 3, 65 participantes disseram ser de Santa Catarina. Esse número é menor do que o número total de contatos enviados.

A divulgação foi feita para 19 contatos de Mato Grosso. Desses 19 contatos, 15 foram centros de formação e atualização dos profissionais da educação básica. No gráfico podemos ver que apenas 2 participantes disseram pertencer à unidade da federação do estado de Mato Grosso. Consideramos esse um número muito baixo, pois esse número indica que os contatos sequer acessaram nosso produto.

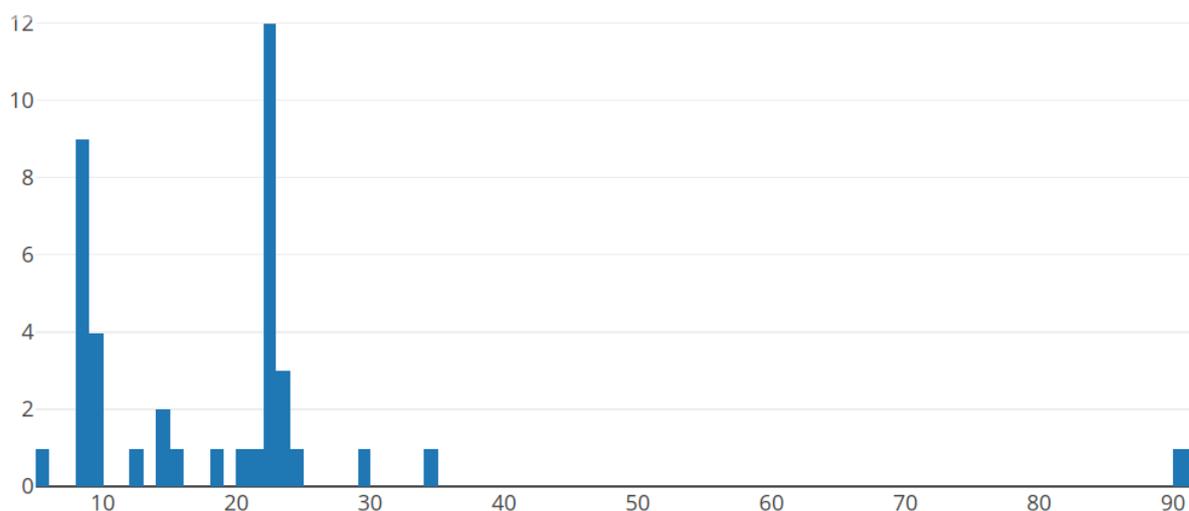
O Paraná também teve um número de entradas menor, porém se manteve perto do número de contatos. O produto foi divulgado para 10 contatos e tivemos 7 entradas nessa unidade da federação.

São Paulo não foi um dos estados com maior divulgação, foram apenas 5 contatos nas duas divulgações. Entretanto, podemos observar no gráfico que SP teve o segundo maior número de entradas, 14 participantes disseram morar em SP.

Assim como São Paulo, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Roraima e Tocantins tiveram um número maior de entradas do que o número de divulgação. Divulgamos o produto para 1 contato de ES, 3 contatos de RS, 1 contato de RR e 1 contato de TO. No gráfico temos que 5 participantes marcaram ES, 6 participantes marcaram RS, 2 participantes marcaram RR e 3 participantes marcaram TO.

Nenhum participante marcou AC, AL, AM, DF, MA, MS, RN e RO. Essas unidades da federação estavam na lista de contatos enviados na divulgação do produto.

Figura 26 – Data de entradas de participantes do ensino básico.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

A Figura 26 representa o gráfico dos dias em que registramos as entradas dos participantes do ensino básico (ensino fundamental e médio). Neste gráfico, o eixo x corresponde aos dias de acesso e o eixo y a quantidade de participantes.

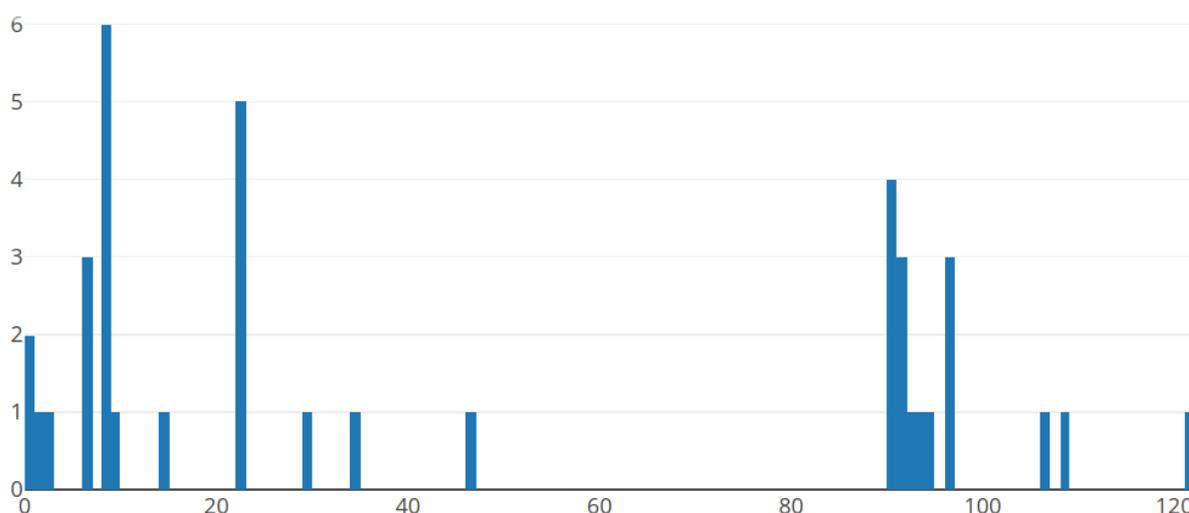
No gráfico vemos que a concentração de entradas de participantes do ensino básico está nos primeiros 34 dias, contando a partir do dia 18 de novembro de 2020. Temos 39 entradas de estudantes do ensino fundamental e médio do dia 5 ao dia 34, 23 de novembro de 2020 e 21 de dezembro de 2020. Esse número de entradas representa cerca de 95% do total de estudantes do ensino básico.

No dia 18 de fevereiro realizamos a segunda divulgação do nosso produto. O gráfico registra apenas 2 entradas a partir dessa data. Uma no dia 90 e uma no dia 91,

18 e 19 de fevereiro de 2021. Essas duas entradas representam apenas 5% do total de entradas de estudantes do ensino básico.

A partir deste gráfico, entendemos que a primeira divulgação, mesmo tendo sido feita para um número menor de contatos, foram 26 contatos na primeira divulgação e 130 contatos na segunda, alcançou um maior número de estudantes do ensino fundamental e médio.

Figura 27 – Data de registro de respondentes efetivos.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

O gráfico, representado na Figura 27, traz a data de registro dos respondentes efetivos. O eixo x corresponde aos dias de acesso e o eixo y a quantidade de participantes. No gráfico podemos ver que os maiores valores estão nos dias 8, 22 e 90. Esses dias correspondem as datas, 26 de novembro e 10 de dezembro de 2020 e 18 de fevereiro de 2021. No dia 26 de novembro o gráfico registra 6 registros de respondentes efetivos. No dia 10 de novembro e 18 de fevereiro foram 5 e 4 registros de respondentes efetivos, respectivamente.

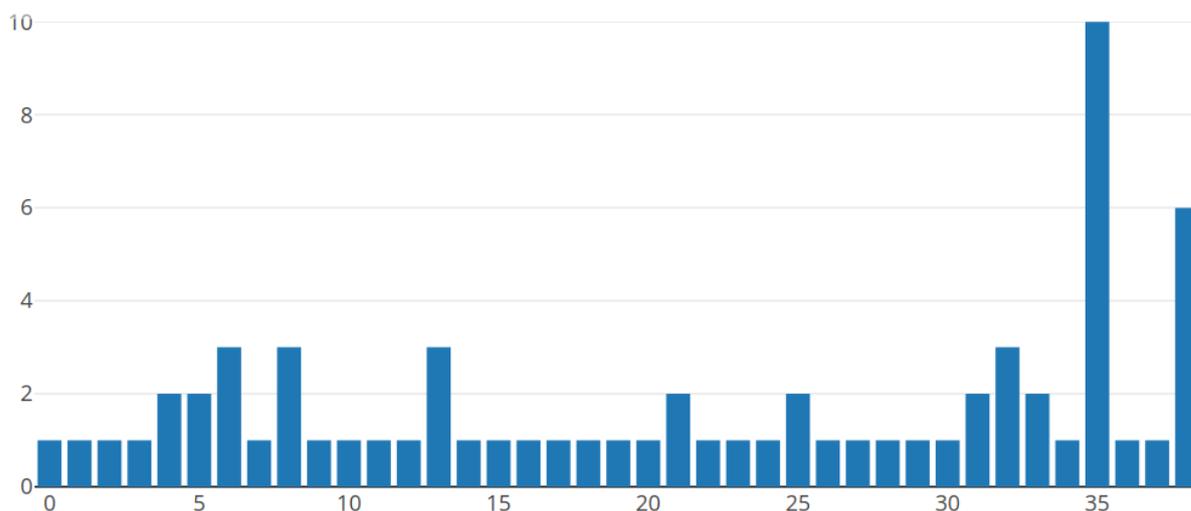
Os registros dos participantes nos dias 26 de novembro e 10 de dezembro de 2020 são em decorrência da primeira divulgação que fizemos, que ocorreu do dia 18 a 24 de novembro de 2020. Já no primeiro dia da divulgação, dia 0 no gráfico, temos registrados 2 respondentes efetivos.

Entre os dias 47, 4 de janeiro de 2021, e 89, 17 de fevereiro de 2021, não tivemos nenhum registro de respondentes efetivos no site. O site voltou a registrar cadastros de respondentes efetivos no dia 90, 18 de fevereiro, data do início da segunda divulgação do produto.

A primeira divulgação resultou no registro de 23 respondentes efetivos, esse valor representa cerca de 58,92% do total de 39 registros de respondentes efetivos. A

segunda divulgação resultou em 16 registros de respondentes efetivos, que representa cerca de 41,02% do total.

Figura 28 – Frequência de retorno respondentes efetivos.



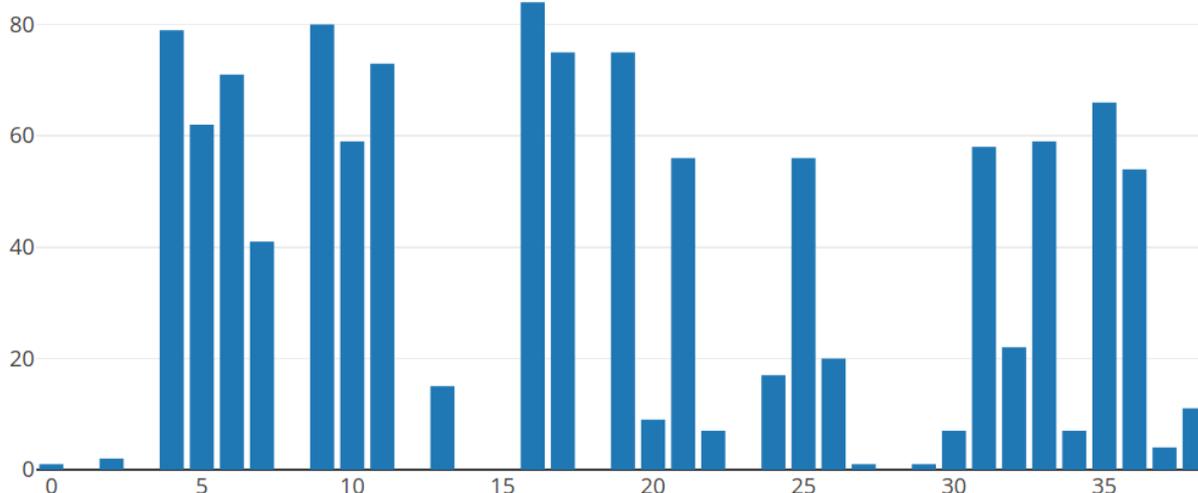
Fonte – Elaborado pela autora (2021).

No gráfico da Figura 28 podemos ver qual a frequência de retorno dos participantes respondentes. No eixo x temos os respondentes efetivos e no eixo y a frequência de retorno de cada um deles. Pelo gráfico fica claro que a maioria dos participantes acessaram o site apenas uma vez. Dos 39 respondentes efetivos, 27 acessaram o site apenas uma vez. Isso significa que aproximadamente 69,23% dos respondentes efetivos não retornaram ao site. É um número bastante alto, quase 3/4 dos participantes efetivos.

Apesar do alto número de participantes que acessaram o produto e não retornaram, temos um participante que retornou 10 vezes ao site. Pela quantidade de retorno ao site, acreditamos que o participante tenha conseguido ler todo o nosso material. Além do participante com 10 retornos ao site, outro participante retornou 6 vezes. Outros 6 participantes retornaram 2 vezes e 4 participantes retornaram 3 vezes ao site. Do total de 12 participantes que voltaram ao site, 50% retornaram duas vezes e cerca de 33,33% retornaram 3 vezes. Mesmo a maioria dos participantes que retornaram ao site tendo retornado apenas 2 ou 3 vezes, podemos considerar esses números muito bons, pois significa que esses participantes além de acessar pela primeira vez o nosso produto, também se interessaram em voltar.

O gráfico representado na Figura 29 mostra a quantidade de alternativas escolhidas, eixo y, por respondente efetivo, eixo x. Temos ao todo 39 respondentes efetivos e 40 questões objetivas.

Figura 29 – Número de alternativas escolhidas por respondente efetivo.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

Do total de 39 respondentes efetivos, 10 escolheram até dez alternativas. Dentre esses 10 participantes, 3 escolheram apenas uma alternativa. O gráfico mostra também que 9 participantes não marcaram nenhuma alternativa dentre as 40 questões, ou seja, 23,07% desses 39 participantes se interessaram em conhecer nosso produto, porém não chegaram a responder nenhuma das perguntas.

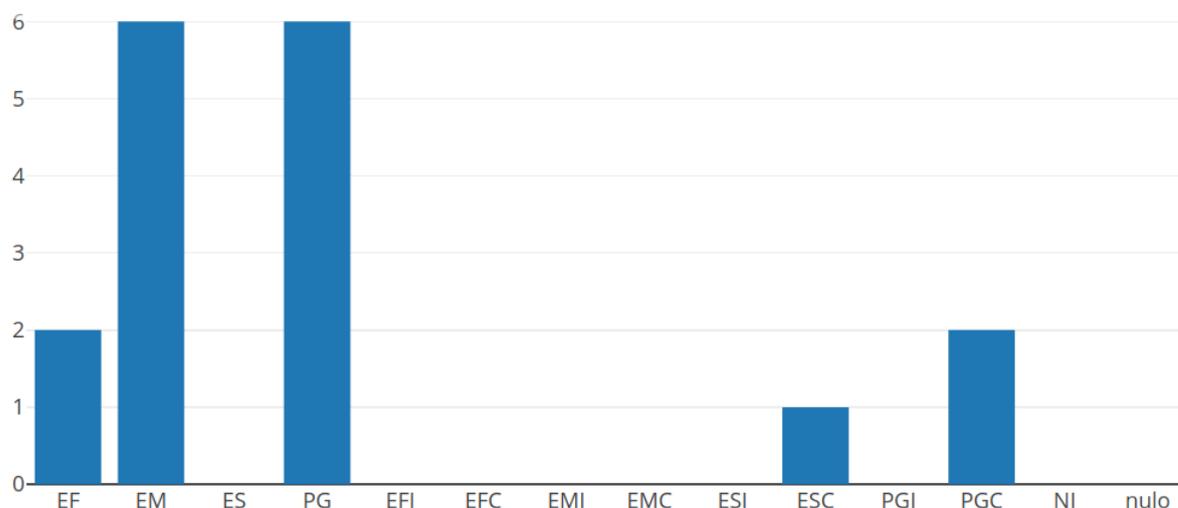
Nenhum dos participantes marcaram exatamente 40 alternativas. 23 marcaram menos de 40 alternativas, incluindo nenhuma alternativa, e 16 marcaram mais de 40 alternativas. Esses valores mostram que 58,98% de 39 participantes não chegaram a responder todas as questões e 41,02% marcaram mais de 40 alternativas. O fato de os participantes terem marcado mais de 40 alternativas não implica, necessariamente, que eles tenham respondido todas as questões. Cada pergunta possui três alternativas e o participante pode escolher outra alternativa caso tenha errado a resposta.

Na Figura 30 temos representado o gráfico com a escolaridade do total de 17 participantes que escolheram mais de 20 alternativas. O gráfico apresenta que 9 participantes já possuem o ensino superior completo e 8 participantes são estudantes do ensino básico, ou seja, temos cerca de 47% desse total de 17 participantes no ensino básico e outros 53% com ensino superior completo.

Dos participantes do ensino básico, 6 se declaram ser estudantes do ensino médio e 2 do ensino fundamental. E dos participantes com ensino superior, 1 possui ensino superior completo, 2 possuem pós-graduação completa e 6 são estudantes de pós-graduação.

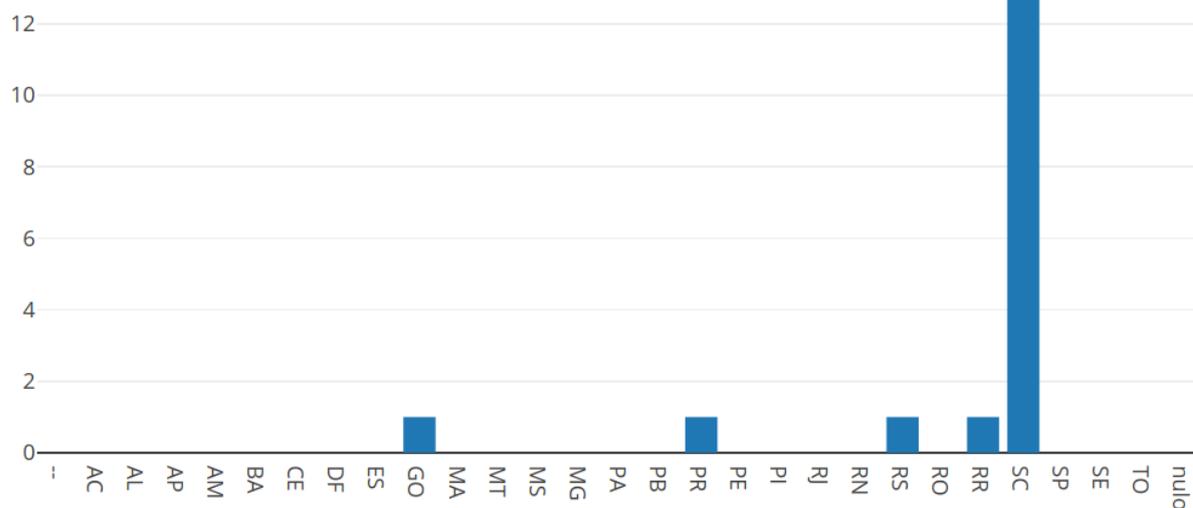
A Figura 31 representa o gráfico com as unidades federativas dos participantes que escolheram mais de 20 alternativas de um total de 40 questões. O maior número

Figura 30 – Escolaridade dos que escolheram mais de 20 alternativas.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

Figura 31 – Unidade da Federação dos que escolheram mais de 20 alternativas.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

de participantes que escolheram mais de 20 alternativas são do estado de Santa Catarina. Foram 13 participantes dessa unidade federativa.

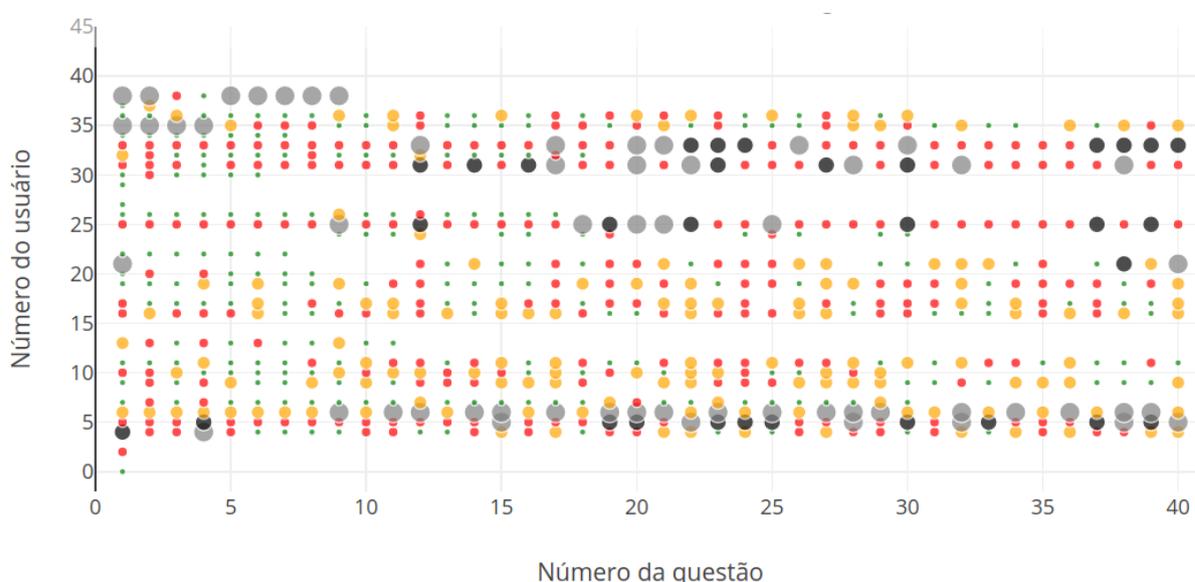
Em relação as outras unidades federativas, somente os estados de Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul e Roraima tiveram participantes que escolheram mais de 20 alternativas. Nessas três unidades federativas, apenas um participante escolheu mais de 20 alternativas.

Vimos na Figura 25 o gráfico com a quantidade de entradas dos participantes de

cada estado. Esse gráfico nos mostra que tivemos apenas uma pessoa do unidade de federação do estado de Goiás. Esse participante que acessou nosso produto escolheu mais de 20 alternativas do total de 40 perguntas.

Ainda no gráfico representado na Figura 25 temos 65 participantes de Santa Catarina. Somente 20% desses 65 participantes escolheram mais de 20 alternativas. Dos participantes de RR foram a metade. Tivemos 2 participantes e um deles escolheu mais de 20 alternativas. PR e RS foram 7 e 6 participantes, respectivamente, e somente 1 de cada unidade federativa escolheu mais de 20 alternativas. Esses números representam cerca de 14,28% dos participantes do Paraná e 16,66% do Rio Grande do Sul.

Figura 32 – Número de escolhas por questão por usuário efetivo.

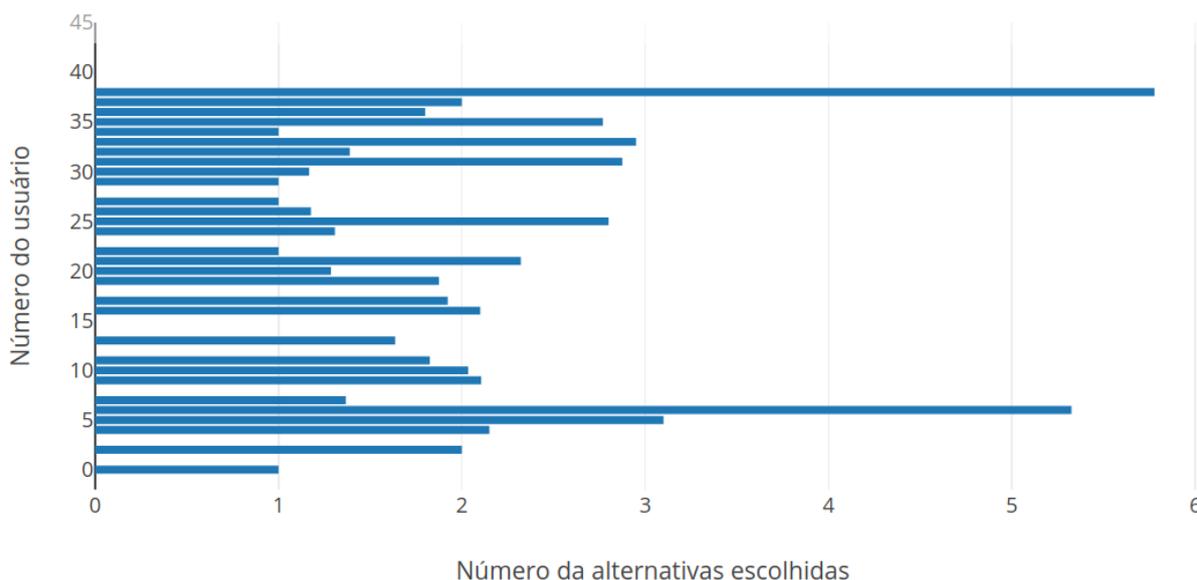


Fonte – Elaborado pela autora (2021).

A Figura 32 representa o gráfico do número de escolhas em cada questão por respondente efetivo. Os tamanhos dos discos representam, progressivamente, escolhas de 1, 2, 3, 4 ou 5 ou mais alternativas antes do registro final. Verde representa 1 alternativa, vermelho 2 alternativas, laranja 3 alternativas, preto 4 alternativas e cinza 5 alternativas marcadas.

O gráfico mostra uma visão geral da quantidade de alternativas marcadas. No geral, vemos que a maioria dos participantes marcou a maior parte das questões. Podemos ver também que a maior parte dos participantes se manteve entre 1 e 3 alternativas marcadas. Dos 39 respondentes efetivos, 9 marcaram 5 ou mais alternativas para uma mesma questão antes de salvar. Porém, essa taxa de 5 ou mais alternativas marcadas é mais frequente em dois participantes, os participantes 6 e 38. O gráfico mostra também que 9 participantes não marcaram responderam nenhuma questão.

Figura 33 – Número médio de alternativas por usuário.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

Na Figura 33 temos o gráfico com o número médio de alternativas por usuário. Esse gráfico é uma redução do gráfico anterior. Nele fica mais claro o número de participantes com nenhuma alternativa, aqueles com excessos de alternativas para cada questão, e os participantes que se mantêm com uma quantidade razoável de alternativas marcadas.

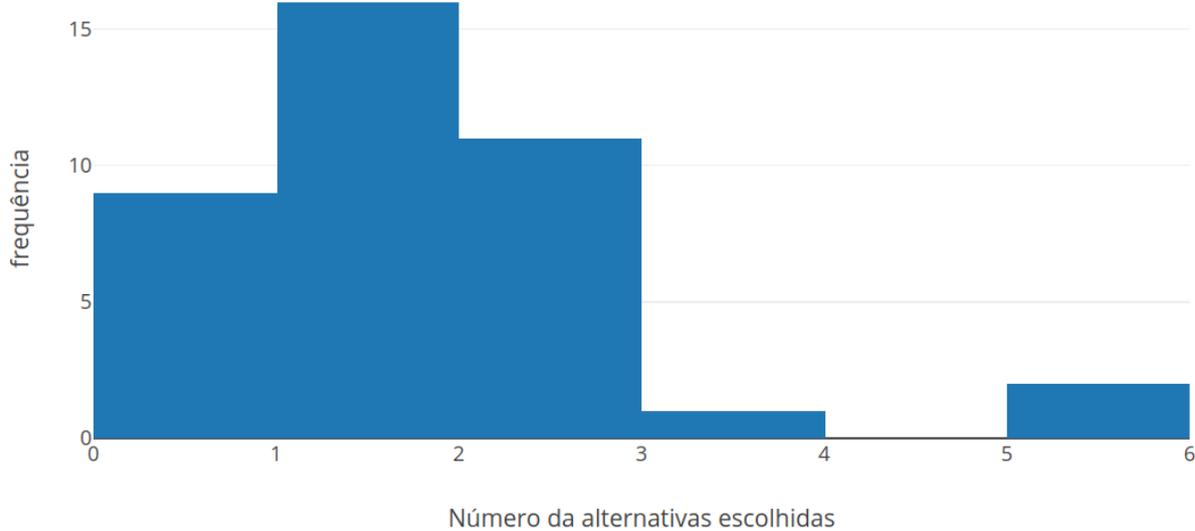
A média de alternativas marcadas pelos participantes 1, 3, 8, 12, 14, 15, 18 e 28 é zero, ou seja, 9 participantes do total de 39 respondentes efetivos, não marcaram qualquer alternativa. Esse valor representa cerca de 23% do total de participantes efetivos.

Cada questão possui três alternativas com apenas uma correta. Se um participante marcar uma alternativa errada o site vai informar que essa alternativa não é a correta e o participante pode marcar outra alternativa. Como cada questão possui três alternativas, consideramos excessos de alternativas quando um participante marcar mais de três alternativas. Os participantes 5, 6 e 38 estão nessa índice de excessos, pois a média de alternativas marcadas por eles ultrapassa 3.

A média de alternativas marcadas pela maior parte dos participantes está entre 1 e 3, que é o número razoável de alternativas. São 27 participantes que estão dentro dessa faixa de alternativas marcadas, correspondendo a cerca de 69,23% do total.

A Figura 35 é o histograma do número de alternativas escolhidas. Esse gráfico traz uma redução ainda maior dos dados. Vemos que 27 usuários fizeram escolhas razoáveis, que são aqueles que fizeram uma ou duas escolhas antes da submissão. Desses, 59% escolheram apenas uma alternativa, a alternativa correta, supostamente.

Figura 34 – Histograma do número de alternativas escolhidas.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional “O Sol, a Terra e o tempo: um site para o ensino de ciências” foi elaborado com o intuito de estimular o interesse dos estudantes para a aprendizagem de conceitos envolvendo o movimento aparente do Sol e suas consequências na Terra.

O desenvolvimento do material foi feito originalmente para a internet por consequência do contexto atual em que vivemos a pandemia COVID-19 e, também, pelo fato dos pesquisadores terem interesse e conhecimento por esse tipo de tecnologia. Contudo, a relevância do nosso produto está no conteúdo, e não no fato de ter sido feito para a Internet.

O produto foi divulgado em dois momentos. No primeiro momento apenas para contatos pessoais dos pesquisadores, professores da rede básica de ensino. No segundo momento fizemos uma divulgação mais ampla, para sindicatos de trabalhadores em educação, secretarias de educação, escolas e coordenadores e alunos de programas de pós graduação.

Esperávamos ter um número maior de acessos com a segunda parte da divulgação do produto. Mesmo a segunda parte da divulgação tendo sido feita para um número bem maior de contatos, foram 26 contatos na primeira divulgação e 130 contatos na segunda divulgação, a análise dos arquivos de dados de acesso no site mostraram que o maior número de estudantes acessaram o nosso produto na primeira divulgação. Para o nosso produto chegar até os estudantes, dependemos da divulgação das instituições de ensino e dos professores. Não podemos dizer o número total de estudantes atingidos com a divulgação do produto, pois a divulgação não foi direcionada para eles.

Para atingir um número maior de estudantes, acreditamos que a divulgação do produto deva ser feita direcionada para eles e não só para professores e instituições de ensino. A melhor forma de alcançar diretamente os estudantes é fazer a divulgação através de redes sociais.

Entretanto, o número comparativamente grande de acesso e permanência de não estudantes ao site indica que o produto pode ter um bom potencial para a formação de professores e educadores em geral.

No decorrer da pesquisa, recebemos críticas e sugestões de três leitores sobre alguns pontos do produto. Todos os comentários que recebemos nos levaram a discussões e reflexões para o aprimoramento do nosso trabalho, além dos cuidados que temos que ter ao fazê-lo.

Cabe também destacar que durante o desenvolvimento do produto educacional, nós fizemos inúmeras modificações e ajustes até chegar na versão final. Certamente o produto final não ficou completamente preciso e há alterações que podem ser feitas

para a melhoria do nosso material e, também, para conseguir um maior engajamento dos estudantes:

1. A colaboração de instituições de ensino e professores não se mostrou muito eficiente na divulgação do produto. Divulgar o produto diretamente para os alunos poderia ser mais eficaz.
2. Ter uma maior preocupação na precisão do uso da linguagem.
3. Fazer uma análise mais crítica das imagens e animações que não foram feitas por nós e tentar criar a nossa própria versão delas.
4. Adaptar o produto para uma versão mais sucinta. Algumas informações se repetem ao longo do texto do produto.
5. Aplicar um pré teste para mostrar quais as concepções dos participantes sobre os conceitos que vão ser abordados no material e um pós teste para ver se as percepções dos mesmos mudaram ou continuam as mesmas.
6. Uma funcionalidade que lembrasse os participantes de acessar o material. Para isso precisaríamos registrar os participantes para ter acesso ao e-mail e identificação deles. Fazer isso não é tecnicamente complexo, mas no contexto de uma pesquisa com seres humanos pode ser restritivo no que concerne ao número de respondentes, pois requer o consentimento expresso não só dos participantes quanto dos seus responsáveis, no caso dos menores de 18 anos (o que em geral é o caso quando trata-se de estudantes de ensino fundamental e médio)

REFERÊNCIAS

AFONSO, Germano B. Experiências Simples com o Gnômon. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 149–154, 1996.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006.

CARVALHO, Ana Amélia Amorim. Indicadores de Qualidade de Sites Educativos. **Cadernos SACAUSEF**, n. 2, p. 55–78, 2006.

CETIC, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras : TIC Educação 2019**. 1. ed. São Paulo, nov. 2020.

COOPER, P.I. The absorption of radiation in solar stills. **Solar Energy**, v. 12, n. 3, p. 333–346, 1969. ISSN 0038-092X. DOI:
[https://doi.org/10.1016/0038-092X\(69\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(69)90047-4). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X69900474>.

COSTA NUNES, Sergio da; SANTOS, Renato Pires dos. O Construcionismo de Papert na criação de um objeto de aprendizagem e sua avaliação segundo a taxionomia de Bloom. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. (IX ENPEC), p. 1–8.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 4. ed. New Jersey: John Wiley Sons, 2013.

KLEIN, S.A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. **Solar Energy**, v. 19, n. 4, p. 325–329, 1977. ISSN 0038-092X. DOI:
[https://doi.org/10.1016/0038-092X\(77\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0038-092X(77)90001-9). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X77900019>.

MARTINHO, Tânia; POMBO, Lúcia. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais - um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 527–538, 2009.

NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; NEIDE, Italo Gabriel; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Modelagem e simulação computacional no ensino de Física: uma proposta de estudo de caso com o proeja. *In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Uberlândia, MG: Sociedade Brasileira de Física, 2015. (SNEF 2015), p. 1–8.

OLIVEIRA, Elisa Danda de; ZOLET, Leticia; GIOVANNINI, Odilon. Determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra: uma atividade prática potencialmente significativa para o ensino de astronomia. **Scientia Cum Industria**, v. 3, n. 1, p. 36–41, 2015.

OLIVEIRA, Kepler de; FÁTIMA SARAIVA, Maria de. **Astronomia Astrofísica**. 3. ed. Porto Alegre: Livraria da Física, 2014.

OLIVEIRA, Luciano de. **Geometria da observação dos movimentos aparentes do Sol e aplicações**. 2012. Diss. (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1–6, 2001.

SMART, W. M. **Textbook on Spherical Astronomy**. Edição: R. M. Editor Green. 6. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 1977. DOI: 10.1017/CB09781139167574.

SPENCER, J. W. Fourier series representation of the position of the sun. **Search**, v. 2, n. 5, p. 172+, mai. 1971.

TROGELLO, Anderson Giovani; NEVES, Marcos Cesar Danhoni; CARVALHO RUTZ DA SILVA, Sani de. 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**, n. 16, p. 7–26, 2013.

WIKIPEDIA. **Solstice**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Solstice>. Acesso em: 28 de jul. 2020.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

O Sol, a Terra e o Tempo

Muito obrigado por acessar o site do projeto O Sol, a Terra e o Tempo!

Este site contém textos, imagens, animações e simulações relacionadas ao movimento aparente do Sol, tal como visto da Terra, e as consequências dele na nossa medida e percepção do tempo.

É um projeto de pesquisa desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina com o objetivo de desenvolver e avaliar materiais de apoio ao ensino de ciências para quem está e quem não está na escola, em todos os níveis.

Você está interessado em saber mais sobre o projeto e talvez participar da pesquisa?

O Sol, a Terra e o Tempo

O site intercala textos informativos com perguntas simples, rápidas e objetivas sobre o conteúdo apresentado. Você pode ir lendo os textos aos poucos e responder as perguntas no ritmo que quiser, parando e retornando quando quiser. Enquanto isso, nós vamos registrando o seu "caminho" através do site.

NÃO queremos saber o seu nome, endereço, telefone ou e-mail. Queremos saber apenas o seu grau de escolaridade e as respostas que vai fornecer para cada pergunta.

Não vamos instalar nenhum aplicativo ou programa em seu computador ou dispositivo móvel. A única coisa que vamos fazer é guardar um "código do participante" no seu dispositivo para permitir que você retome a leitura do ponto onde parou e para permitir que nós juntemos as novas respostas com as anteriores.

Para informações mais detalhadas sobre os objetivos da pesquisa, sobre os potenciais riscos e benefícios para você e sobre os seus direitos como participante da pesquisa, leia as [informações ao participante](#).

Você gostaria de participar da pesquisa?

O Sol, a Terra e o Tempo

Esclarecimentos ao participante

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada "O Sol, a Terra e o Tempo". A pesquisa está sendo realizada por Ana Clarissa H. Kolbow, professora do Ensino Médio na rede pública do Estado de Santa Catarina, orientada por Nelson Canzian da Silva, professor efetivo no Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, dentro do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, coordenado pela Sociedade Brasileira de Física.

A pesquisa tem como objetivo divulgar um produto educacional que utiliza o movimento aparente do Sol na esfera celeste como motivação para abordar uma série de outros conceitos físicos, matemáticos e geográficos associados a ele.

Se aceitar participar, a sua participação consistirá em responder uma pergunta sobre a sua escolaridade, informar-se com uma série de textos, animações e simulações e responder perguntas sobre o que leu e entendeu, quando quiser, como quiser, nos próximos 90 dias.

Não queremos qualquer outra informação sobre você, apenas saber se você se interessa ou não pelo assunto que resolvemos divulgar. Não será instalado qualquer aplicativo em seu dispositivo (celular, tablet, computador). Apenas enviaremos um código aleatório que será utilizado para facilitar a sua navegação ao longo do questionário e entrar em contato conosco caso desejar. Para garantir totalmente o seu anonimato, se você não anotar ou esquecer esse código, não teremos como recuperá-lo.

Uma vez que você acesse a página, você terá 90 dias para ler os textos e responder às perguntas, nos momentos e no ritmo que desejar.

Se, a qualquer momento, você desejar deixar de participar da pesquisa, basta deixar de acessar a página do projeto. Se desejar que respostas eventualmente já coletadas não sejam utilizadas na pesquisa, basta entrar na página do projeto e escolher essa opção, informando o código que só você sabe.

Ao participar da pesquisa você não correrá riscos além dos que correria em outras atividades educacionais anônimas via internet. Nesta pesquisa não há sequer o risco de quebra de sigilo, uma vez que não serão coletadas quaisquer informações que permitam identificá-lo.

Entretanto, você pode sentir-se cansado, aborrecido ou frustrado ao responder às perguntas. Caso isso aconteça, você pode interromper a atividade, retomando-a mais tarde, ou abandonando-a sem qualquer consequência.

Se desejar algum tipo de conversa ou assistência, você pode entrar em contato com os pesquisadores através dos e-mails anaclarissakolbow@gmail.com, nelson.canzian@ufsc.br, pelo telefone (48) 3721-3736, ou pessoalmente no Departamento de Física da UFSC, Bloco G, sala 223, Campus Universitário Trindade, Florianópolis.

Os benefícios da participação na pesquisa, para você, são difusos e difíceis de mensurar, como os de qualquer outra atividade educacional, e vão depender do seu interesse e engajamento. Já para o campo da pesquisa em educação, pode trazer informações valiosas sobre o que motiva (ou não) os estudantes aprenderem um determinado assunto.

A participação na pesquisa é totalmente voluntária e não remunerada (o que é proibido pela regulamentação sobre pesquisas com seres humanos no Brasil). Ainda assim, você sempre pode evocar o direito ao ressarcimento de despesas e à indenização por danos comprovadamente associados à pesquisa.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e resoluções complementares, das quais a pesquisadora e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente.

O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia foram avaliados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone 48-3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

O CEPSH é um órgão colegiado interdisciplinar, deliberativo, consultivo e educativo, vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina, mas independente na tomada de decisões, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Após esses esclarecimentos, você gostaria de participar da pesquisa?

O Sol, a Terra e o Tempo

Muito obrigado por concordar em participar da pesquisa!

Seu código de participante é:

2021-07-09-16-51-18

Observe que este código é formado apenas pela data do seu aceite em participar da pesquisa, e não traz nenhuma informação adicional sobre você. Para nós serve apenas como uma "identidade" anônima associada aos dados enviados.

Esse código é tudo o que saberemos sobre você. Talvez você queira anotá-lo para o caso de querer entrar em contato com os pesquisadores e solicitar que os dados fornecidos sejam removidos da pesquisa.

prosseguir

O Sol, a Terra e o Tempo

Código do participante:
2021-07-09-16-51-18

Qual a sua situação escolar?

Não sou estudante, mas tenho:

- ensino fundamental incompleto
- ensino fundamental completo
- ensino médio incompleto
- ensino medio completo
- ensino superior incompleto
- ensino superior completo
- pós-graduação incompleta
- pós-graduação completa

Sou estudante de:

- ensino fundamental
- ensino médio
- ensino superior
- pós-graduação

Onde você mora? ▼

OK

O Sol, a Terra e o Tempo

A duração do dia muda ao longo do ano, de maneira diferente dependendo do lugar. No Equador da Terra (que passa por apenas 13 países do mundo, incluindo o Brasil), o Sol nasce e se põe sempre no mesmo horário (solar, não civil), o ano todo, e o dia tem sempre a mesma duração. À medida que nos afastamos de Equador em direção aos polos, as diferenças entre a duração do dia e da noite em diferentes épocas do ano ficam mais marcantes, e as estações do ano mais bem definidas. Próximo aos polos, para além dos Círculos Polares Ártico e Antártico, as diferenças ficam extremas: o Sol nasce e se põe apenas uma vez a cada seis meses.

Essas sutilezas do movimento do Sol afetam a vida na Terra desde tempos imemoriais. Em praticamente todos os locais da Terra os movimentos do Sol, da Lua e de outros astros serviram para orientar a humanidade sobre quando plantar, colher, esperar as cheias dos rios, as marés. O movimento do Sol serviu durante séculos para orientar viajantes em terra e no mar. Esse movimento é tão importante que para várias civilizações e grupos humanos estiveram e estão associados a eventos míticos, místicos e religiosos.

Os movimentos reais e aparentes dos objetos celestes, particularmente o do Sol, forneceram uma maneira extremamente precisa de medir a passagem do tempo ao longo de dias, meses e anos durante milênios de história da humanidade. Mesmo com o desenvolvimento de instrumentos para medir o tempo tais como ampulhetas, pêndulos e outros tipos de relógio, sempre houve a necessidade de um referencial absoluto de tempo, para "calibrar" o sistema. Esse referencial via de regra foi o Sol e seu movimento aparente. Muitas construções milenares, tais como Stonehenge e Intihuatana foram precisamente feitas para marcar claramente um momento crucial deste movimento (tal como um solstício ou um equinócio).

Os chamados "relógios de Sol", na maior parte da história da humanidade, foram os instrumentos mais precisos para se determinar o tempo ao longo do dia e do ano. Sua construção e interpretação, entretanto, requer conhecimento de alguns detalhes do movimento aparente do Sol. Esse trabalho pretende oferecer alguns recursos para ajudar a entender os conceitos e grandezas fundamentais para a compreensão desse movimento e o seu papel no rastreamento da passagem do tempo utilizando relógios de Sol.

Procuramos consolidar neste aplicativo um conjunto de textos, imagens estáticas, animadas e interativas, simulações, aplicativos de cálculo, questionários e outros recursos que, imaginamos, podem ajudar a compreensão e fixação dos conceitos básicos e suas interrelações.

Trata-se de um tema difícil. A física de base, em primeira aproximação, resume-se à lei da gravitação universal proposta por Isaac Newton em 1687. Com ela e um bocado e expertise matemática é possível calcular os movimentos relativos dos astros, em particular o movimento relativo entre o Sol e a Terra, inclusive levando em conta a influência de outros corpos (como a Lua, por exemplo).

O resultado dessa abordagem em geral se traduz em uma espécie de "geometria do movimento" aparente do Sol. Essa geometria do movimento se manifesta particularmente em alguns ângulos e a sua evolução temporal ao longo do dia e do ano em cada local da Terra.

É o que exploraremos a seguir.

Estações do Ano. Podemos dividir o período de um ano segundo as características climáticas de cada período do ano. Dependendo do local em que nos encontramos, existem períodos do ano com características climáticas bem diferentes umas das outras, as quais denominamos *estações do ano*. Ao longo de um ano existem quatro estações: primavera, verão, outono e inverno.

Cada estação do ano tem uma data de início, que varia um pouco de ano para ano. No caso do Hemisfério Sul, em 2020, estas datas são [1]:



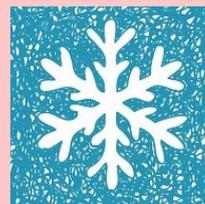
Primavera
22 de setembro
10:31



Verão
21 de dezembro
07:02



Outono
20 de março
00:50

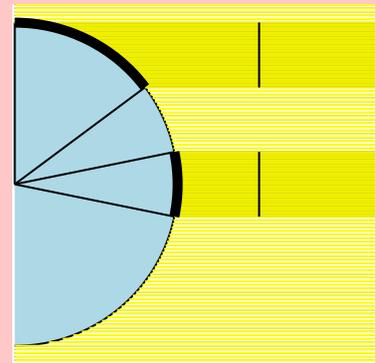


Inverno
20 de junho
18:44

Causa das Estações do Ano. As estações do ano existem por conta da inclinação dos raios solares ao longo do ano. O eixo de rotação da Terra é inclinado aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao plano orbital. Se o eixo de rotação da Terra fizesse um ângulo de 0° em relação à eclíptica, não existiriam as estações do ano pois os raios solares incidiriam sobre a Terra de forma igual durante todo o ano. Isso significa que teríamos sempre dias e noites de 12 horas, o que sabemos não ser verdade.

É essa obliquidade da eclíptica de $23,5^\circ$ que faz com que os raios solares incidam sobre a superfície terrestre com ângulos diferentes ao longo do ano. Quando o ângulo de incidência é menor (mais inclinado) temos dias mais frios porque o feixe de luz se espalha por uma área maior. Já quando o ângulo de incidência da luz solar é maior (menos inclinado, quase perpendicular ou perpendicular à superfície) temos dias mais quentes porque o feixe de luz se espalha por uma área menor.

A figura ao lado mostra a incidência de luz solar sobre a superfície da Terra. A mesma quantidade de raios solares passa nas duas regiões marcadas com um traço vertical. Entretanto, essa quantidade de raios solares (de energia) incide sobre uma área na região equatorial menor do que na região polar, fazendo com que esta receba menos energia por metro quadrado do que a região equatorial. No caso da figura, o comprimento do arco na região polar é 2,3 vezes maior que o comprimento do arco na região equatorial.



Devido aos detalhes da interação gravitacional entre a Terra, o Sol e outros elementos do Sistema Solar, a inclinação do eixo de rotação da terra em relação à eclíptica varia de $21,5^\circ$ a $24,5^\circ$ em um ciclo de cerca de 40 mil anos. Atualmente esse valor está em $23,5^\circ$ e diminuindo. Isso significa que atualmente os trópicos de Câncer e de Capricórnio aproximam-se do Equador a uma taxa de cerca de 15 metros por dia [2].

1. As estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) ocorrem porque

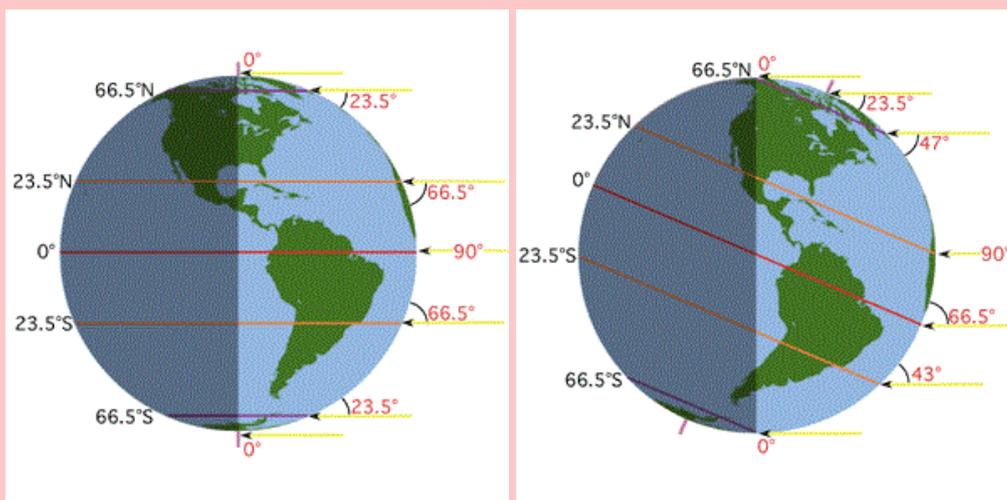
- A. a distância entre a Terra e o Sol varia ao longo do ano.
- B. o eixo de rotação da Terra em torno de si mesma tem uma inclinação fixa com relação ao plano da sua órbita em torno do Sol.
- C. correntes oceânicas e atmosféricas seguem um padrão regular que definem as estações do ano.

salvar tudo e continuar mais tarde

Incidência dos raios solares em cada estação do ano. No verão os raios solares atingem a superfície da Terra quase perpendicular à superfície. No inverno temos o contrário, os raios solares atingem a superfície da Terra com maior inclinação. Na primavera e no outono temos a posição intermediária entre verão e inverno.

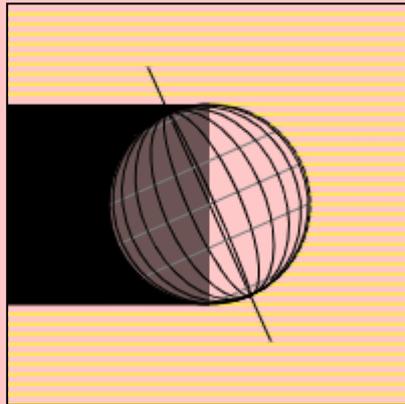
A figura a seguir [3] mostra os ângulos de incidência solar sobre a Terra nos equinócios e solstícios. Na primeira imagem temos os equinócios. Essa é a posição em que os dois hemisférios são iluminados de forma igual. Tanto no equinócio de primavera quanto no equinócio de outono, temos dias e noites de 12 horas cada. Nos equinócios o ângulo de incidência solar é simétrico em relação ao Equador. Na figura podemos ver que o valor do ângulo de incidência solar nos trópicos (latitudes: $23,5^\circ$ N e $23,5^\circ$ S) é o mesmo ($66,5^\circ$). Também podemos ver essa simetria do ângulo de incidência solar nos Círculos Polares (latitudes: $66,5^\circ$ N e $66,5^\circ$ S), cujo valor mostrado para esse ângulo é $23,5^\circ$.

Na segunda figura temos o solstício de verão no Hemisfério Norte e o solstício de inverno no Hemisfério Sul. Nessa posição, os raios solares incidem com ângulo mais direto no Hemisfério Norte (onde é verão) e mais inclinados no Hemisfério Sul (onde é inverno). Na figura podemos ver que o ângulo de incidência solar no Trópico de Câncer (latitude: $23,5^\circ$ N), que está no verão, é igual a 90° . Já no Trópico de Capricórnio (latitude: $23,5^\circ$ S), que está no inverno, o valor do ângulo de incidência solar é 43° .

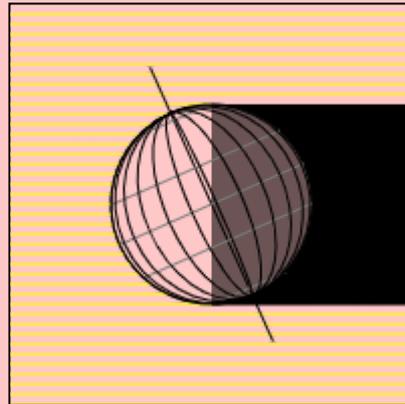


Ao meio dia local, valor do ângulo de incidência solar muda à medida que muda o valor da latitude. Um mesmo ponto da Terra não é iluminado de forma igual durante o ano, pois o ângulo de incidência dos raios solares muda conforme a Terra faz o movimento de translação ao redor do Sol, fazendo com que os dois hemisférios sejam iluminados de forma desigual exceto nos equinócios. Em qualquer latitude, no verão a inclinação do ângulo de incidência solar é menor do que no inverno.

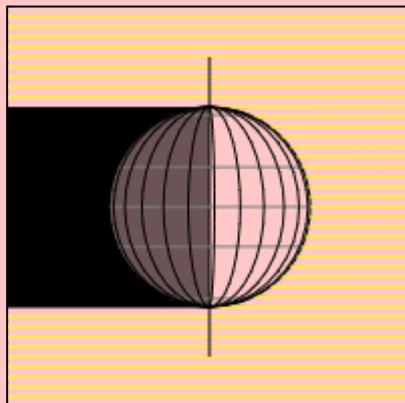
Se a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica fosse 0° o valor do ângulo de incidência solar continuaria mudando conforme a latitude. O que aconteceria de diferente é que os dois hemisférios receberiam a mesma quantidade de luz todos os dias, ou seja, o ângulo de incidência dos raios solares não mudaria conforme a Terra orbitasse o Sol.



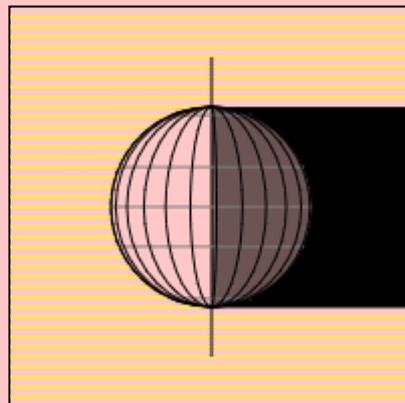
Inclinação de $23,5^\circ$
Sol à direita
Verão no Hemisfério Sul



Inclinação de $23,5^\circ$
Sol à esquerda
Inverno no Hemisfério Sul



Inclinação de 0°
Sol à direita
Hemisférios Norte e Sul
simetricamente iluminados



Inclinação de 0°
Sol à esquerda
Hemisférios Norte e Sul
simetricamente iluminados

Na primeira animação, com o eixo de rotação da Terra inclinado, os raios solares chegam ao Hemisfério Sul em ângulos mais próximos da linha perpendicular à superfície, o que significa mais energia por unidade de área, o que caracteriza o verão.

Na segunda animação, com o eixo de rotação da Terra inclinado, os raios solares chegam ao Hemisfério Sul em ângulos mais distantes da linha perpendicular à superfície, o que significa menos energia por unidade de área, o que caracteriza o inverno.

Nas outras animações, com o eixo de rotação da Terra não inclinado, a incidência dos raios solares nos dois hemisférios é simétrica, perdendo-se a distinção entre as estações do ano.

2. Todos os dias do ano, em Florianópolis, no horário em que o Sol está em seu máximo ("meio dia solar"), o ângulo de incidência do Sol da luz solar é:

- A. sempre o mesmo
- B. diferente a cada dia do ano
- C. é sempre igual a 90°

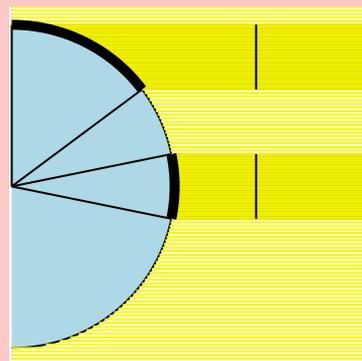
salvar tudo e continuar mais tarde

3. Se a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica não fosse inclinado de aproximadamente $23,5^\circ$, o ângulo de incidência dos raios solares sobre a Terra em um mesmo ponto num mesmo horário

- A. seria sempre o mesmo
- B. seria diferente para cada dia do ano
- C. seria sempre igual a 90°

salvar tudo e continuar mais tarde

Localidades ao longo do Equador têm dias e noites de 12 horas cada. Quanto mais nos afastamos da linha do Equador, maior a diferença de horas entre o dia e a noite ao longo do ano. Quando for verão em um dos hemisférios, os dias serão mais longos que as noites. No inverno temos o contrário, as noites são mais longas que os dias. Quando chegamos nos polos terrestres encontramos períodos de seis meses com luz solar durante até 24 horas (no verão) e seis meses sem luz solar durante até 24 horas (inverno).

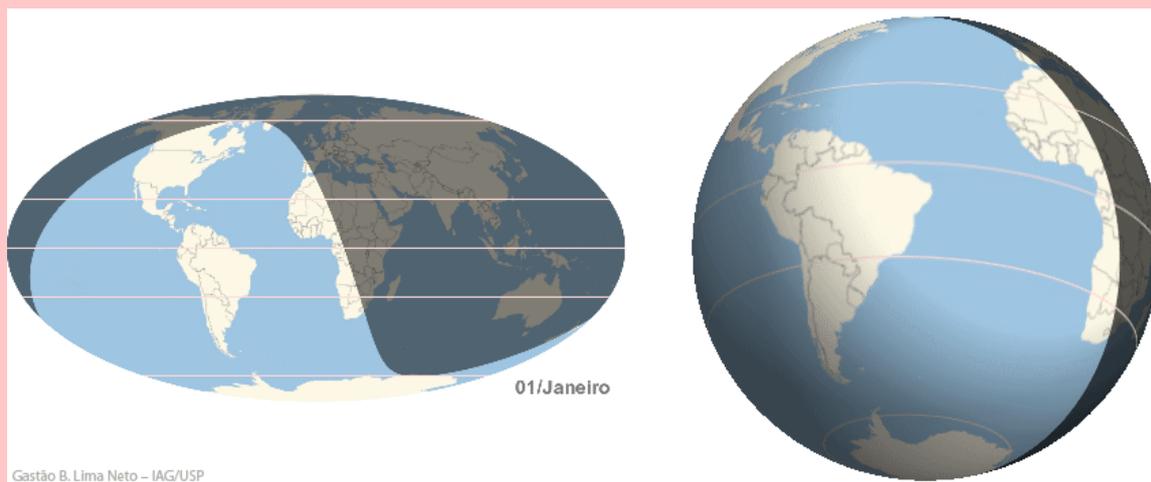


Devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica, entre o Círculo Polar Ártico e o Polo Norte o Sol não se põe durante seis meses. Porque mesmo com toda essa luz essa região é tão fria nesse período? Isso ocorre porque o ângulo com que a luz atinge a superfície é muito pequeno, fazendo com que a luz (e a energia) se espalhe por uma grande área.

A figura a seguir [4] mostra uma animação da variação da iluminação da Terra ao longo do ano.

O ângulo do eixo de rotação da Terra não varia. Por todos os pontos que a Terra passar ao orbitar o Sol, esse ângulo continua sendo $23,5^\circ$. O que vai mudar é a posição relativa do eixo da Terra em relação ao Sol, ao realizar o movimento de translação. Essa posição relativa do eixo da Terra em relação ao Sol controla a energia por unidade de área recebida dos raios solares e também a duração desses raios solares na Terra.

Na figura à direita vemos que nos equinócios (entre 20-23 de março e setembro) as duas metades da Terra recebem a mesma quantidade de luz. No solstício de junho (entre 20-22 de junho) é verão no Hemisfério Norte e inverno no Hemisfério Sul. Nesse ponto toda região acima do Círculo Polar Ártico recebe luz durante 24 horas por dias e as regiões abaixo do Círculo Polar Antártico tem 24 horas sem receber luz solar. E o inverso acontece no solstício de dezembro (entre 20-22 de dezembro)



Gastão B. Lima Neto – IAG/USP

É a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica que faz com que os dias sejam mais longos no verão e mais curtos no inverno.

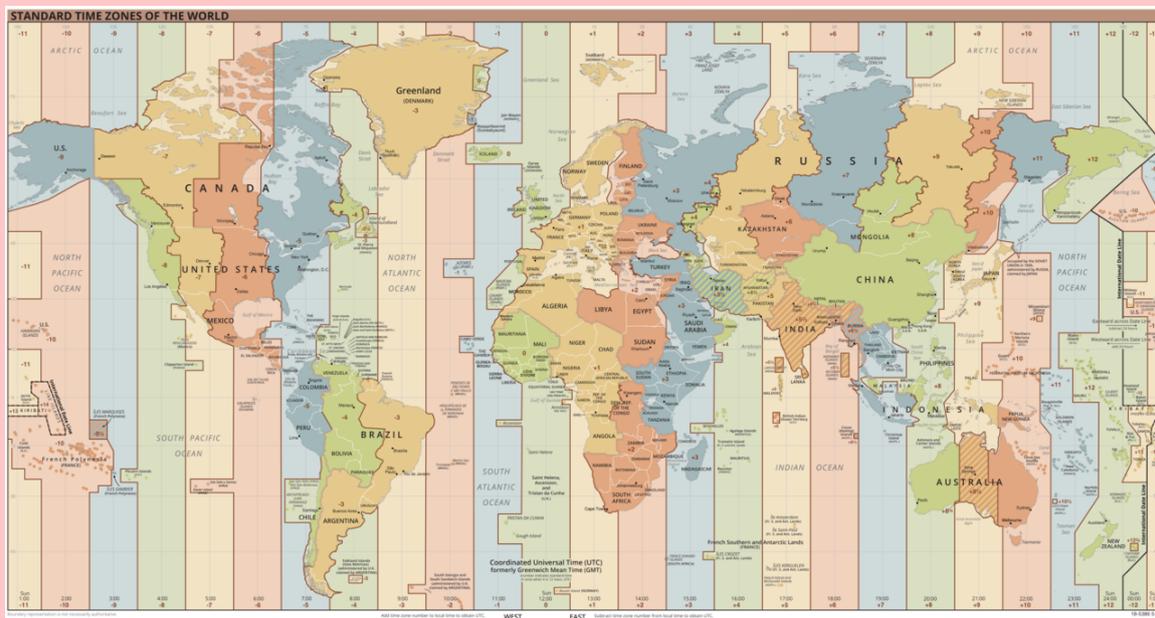
4. As estações do ano são mais definidas naquelas regiões onde a variação dos ângulos de incidência dos raios solares são mais pronunciadas. Já em regiões onde esse ângulo não tem grandes variações as estações do ano são muito parecidas. Próximo a qual latitude as estações do ano são muito parecidas?

- A. $23,5^\circ$
- B. 0°
- C. $-23,5^\circ$

salvar tudo e continuar mais tarde

Um dia tem 24 horas e uma circunferência tem 360° . Para calcularmos o fuso horário, levamos em conta o movimento de rotação da Terra, em sentido anti-horário para leste (numa referência de Norte para cima e Sul para baixo). A Terra se move em relação ao Sol a uma taxa de 15° por hora ($360^\circ/24\text{horas} = 15^\circ/\text{hora}$). O meridiano de Greenwich é o marco longitudinal para determinar o "Greenwich Mean Time" (GMT). Assim como para as latitudes temos o Equador como referência (latitude: 0°), para as longitudes temos o meridiano de Greenwich (longitude: 0°). A partir dele, adiantamos 1 hora para cada 15° a leste e atrasamos em 1 hora para cada 15° a oeste.

A figura a seguir mostra as zonas de tempo para propósitos legais, comerciais e sociais para o ano de 2020 [5]:

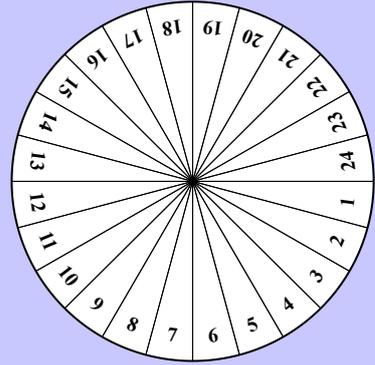


Note que, por conveniência social e política, os países não seguem estritamente as linhas definidas pelos meridianos padrão.

5. Um círculo completo corresponde a um ângulo de 360° . Se dividido em 24 partes iguais, cada parte corresponderá a um ângulo de:

- A. 15°
- B. 24°
- C. 36°

salvar tudo e continuar mais tarde



6. A Terra dá uma volta completa (isto é, gira 360°) em torno do seu eixo a cada dia (isto é, em 24 horas). Sendo assim, uma hora corresponde a:

- A. 15° de longitude
- B. 24° de longitude
- C. 36° de longitude;

salvar tudo e continuar mais tarde

7. A longitude do meridiano padrão da zona de tempo UTC-3 é:

- A. $-3 \times 15^\circ = -45^\circ$
- B. $-3 \times 24^\circ = -72^\circ$
- C. $-3 \times 36^\circ = -108^\circ$

salvar tudo e continuar mais tarde

8. Consulte novamente o mapa e responda quais as zonas de tempo em que estão Washington, DC, nos Estados Unidos (*Washington, DC, United States*), e Bagdá, no Iraque (*Baghdad, Iraq*), respectivamente, com relação ao GMT (*Greenwich Mean Time*, tempo médio de Greenwich):

- A. GMT-5 e GMT+3
- B. GMT-3 e GMT+5
- C. GMT-0 e GMT-12

salvar tudo e continuar mais tarde

9. Consulte novamente o mapa e responda quais as zonas de tempo em que o Brasil está legalmente distribuído em 2020:

- A. GMT-3 e GMT-4
- B. GMT-2, GMT-3 e GMT-4
- C. GMT-2, GMT-3, GMT-4 e GMT-5

salvar tudo e continuar mais tarde

Meridianos são linhas imaginárias que ligam o Polo Norte ao Polo Sul. Por conveniência e convenção, o meridiano que passa por Greenwich, em Londres, no Reino Unido, está a 0° , que define o tempo médio de Greenwich (GMT, de *Greenwich Mean Time*). A partir dele outros meridianos especiais, separados por 15° , definem 24 regiões imaginárias no globo terrestre, dispostas como os gomos de uma laranja. Estes meridianos estão no centro dos *fusos horários*.

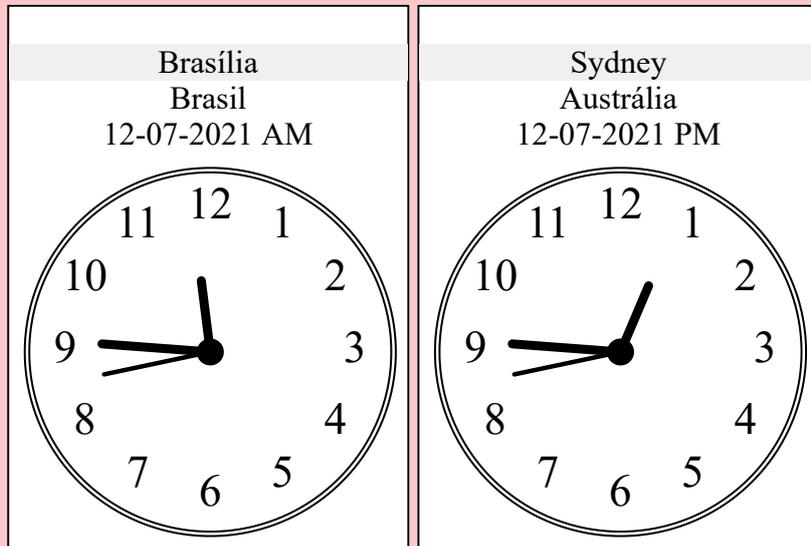
Os fusos horários servem de orientação para as nações decidirem em que *zonas horárias* se encontram. O Brasil, por exemplo, está distribuído por 4 fusos horários mas adota apenas duas zonas de tempo. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo, pertencente ao estado de Pernambuco, no extremo leste do Brasil, está no fuso horário -2 , enquanto o município de Mâncio Lima, no extremo oeste do Acre, está no fuso horário -5 . Entretanto, por conveniência política o Brasil está distribuído em duas zonas horárias (-3 e -4).

A China, por sua vez, está distribuída em 5 fusos horários ($+5$ a $+9$) mas adota apenas uma zona de tempo, a da capital Pequim ($+8$), para todo o país.

Os relógios a seguir mostram a hora oficial em Brasília (Brasil) e em Sydney (Austrália) em tempo real.

Os relógios também mostram a data, e se o horário mostrado é antes do meio dia (AM, do latim *ante meridiem*) ou depois do meio dia (PM, do latim *post meridiem*).

É possível modificar a cidade mostrada nos relógios clicando sobre o seu nome e escolhendo outra da lista.



10. Observando a diferença de horário entre as cidades de Brasília e Sydney, você pode afirmar que o ano novo nessas cidades acontece:

- A. Ao mesmo tempo
- B. Primeiro em Brasília
- C. Primeiro em Sydney

salvar tudo e continuar mais tarde

11. Qual a diferença de horas entre os fusos horários de Florianópolis e Londres (sem levar em conta a possibilidade de alguma das cidades estar em horário de verão)?

- A. 3 horas
- B. 4 horas
- C. 5 horas

salvar tudo e continuar mais tarde

A rotação da Terra em torno de seu eixo é o movimento que ela realiza ao girar em torno do seu próprio eixo. A Terra demora cerca de 24 horas para dar uma volta completa ao redor de seu eixo. Um resultado disso é a ocorrência dos dias e noites.

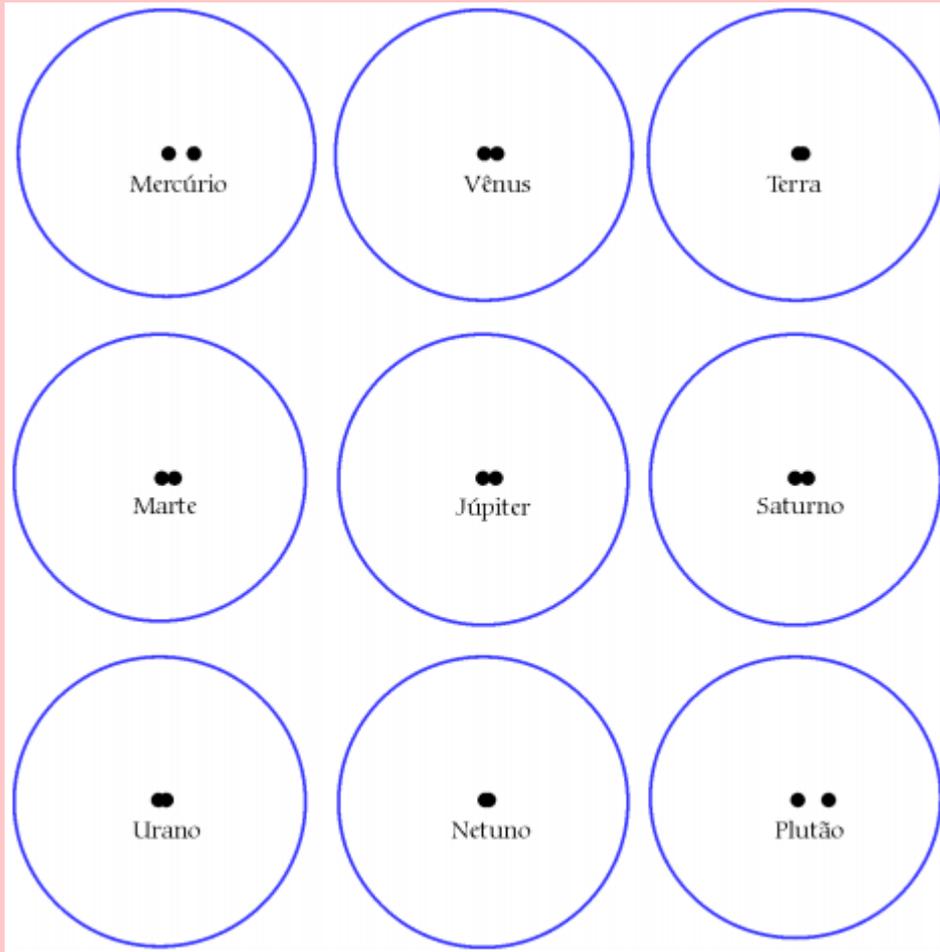
Além do movimento que a Terra realiza ao redor do seu próprio eixo, ela também realiza um movimento ao redor do Sol, a translação. Para dar uma volta completa ao redor do Sol a Terra demora aproximadamente 365,26 dias.

A trajetória da Terra ao redor do Sol é elíptica, com excentricidade igual a 0,0167 (aproximadamente 0,02). Como o valor da excentricidade dessa elipse é tão baixo a órbita é quase circular.

Assim como a Terra, todos os planetas do Sistema Solar tem órbitas elípticas:

Planeta	Excentricidade
Mercúrio	0,2
Vênus	0,07
Terra	0,02
Marte	0,09
Júpiter	0,05
Saturno	0,06
Urano	0,05
Netuno	0,009

A figura abaixo [6] representa as órbitas elípticas dos então (2003) nove planetas do Sistema Solar. Nas órbitas, o ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos, ocupado pelo Sol. Como se pode notar, as excentricidades de todas as órbitas são tão pequenas que mal se nota que são elípticas.



12. Que figura geométrica representa a trajetória que a Terra faz ao redor do Sol?

- A. Círculo
- B. Elipse
- C. Hipérbole

salvar tudo e continuar mais tarde

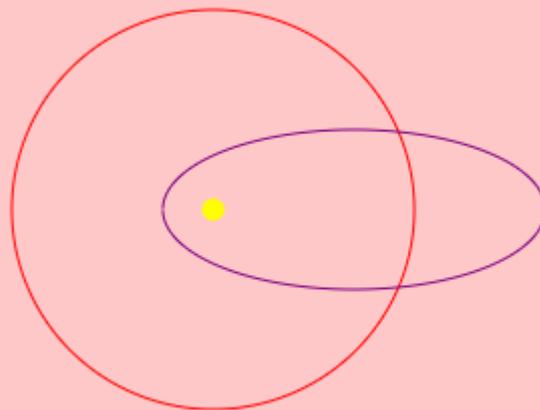
13. Por que mesmo sendo uma elipse a órbita da Terra se parece com um círculo?

- A. Porque o valor da excentricidade da elipse é muito pequeno.
- B. Porque o valor da excentricidade da elipse é muito alto.
- C. Porque o valor da excentricidade da elipse é igual a zero.

salvar tudo e continuar mais tarde

A órbita da Terra tem a forma de uma elipse, mas o valor da excentricidade dessa elipse é tão pequeno (bem próximo de zero) que ela se parece com um círculo.

A figura abaixo representa duas órbitas elípticas. Em vermelho com excentricidade igual a zero e em roxo com excentricidade bem próxima de 1.

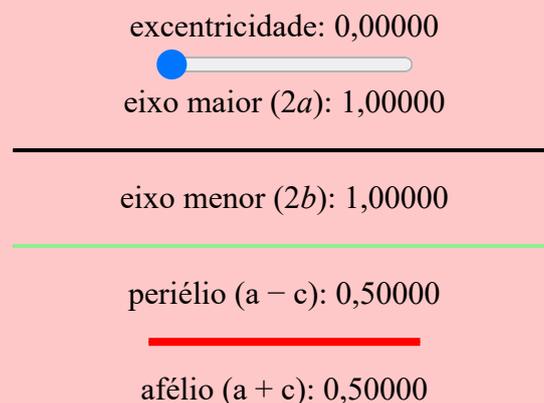


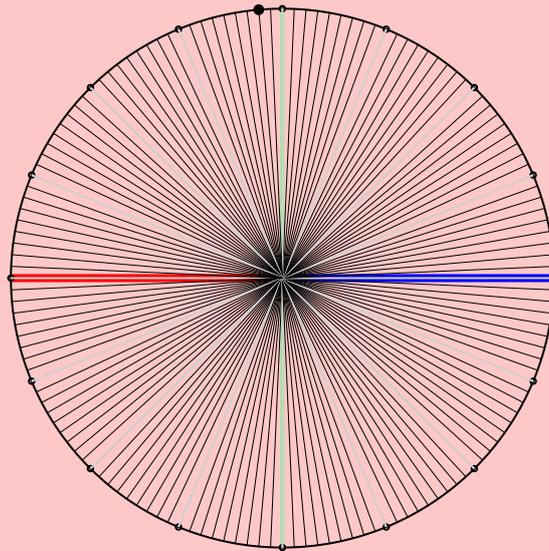
Se a trajetória da Terra em volta do Sol fosse como representada em roxo deveríamos ver o Sol, aparentemente, mudar de tamanho ao longo do ano. Em um ponto da órbita ele pareceria muito maior e em outro muito menor. Como a órbita da Terra se parece com a trajetória em vermelho essa mudança é muito pequena e se torna imperceptível.

A órbita da Terra sendo uma elipse o Sol não está no centro dessa elipse. O Sol se encontra em um ponto chamado de foco da elipse. Assim, ao orbitar o Sol nosso planeta passa por posições mais próximas e outras mais afastadas do Sol. A posição mais afastada do Sol é chamada de afélio, já a posição mais próxima do Sol é chamada de periélio. O afélio ocorre por volta do dia 4 de julho e o periélio por volta de 4 de janeiro.

A simulação a seguir permite que a escolha do valor da excentricidade da órbita e mostra alguns de seus parâmetros para esta escolha.

Note também que a velocidade do planeta é maior quando está próximo ao Sol (periélio) do que quando está distante (afélio).





14. Sabendo que a excentricidade da órbita da Terra é 0,0167, na animação acima, quais os respectivos valores do periélio e do afélio, aproximadamente?

- A. 1,00000 e 0,99995
- B. 0,49500 e 0,50500
- C. 0,99995 e 0,50500

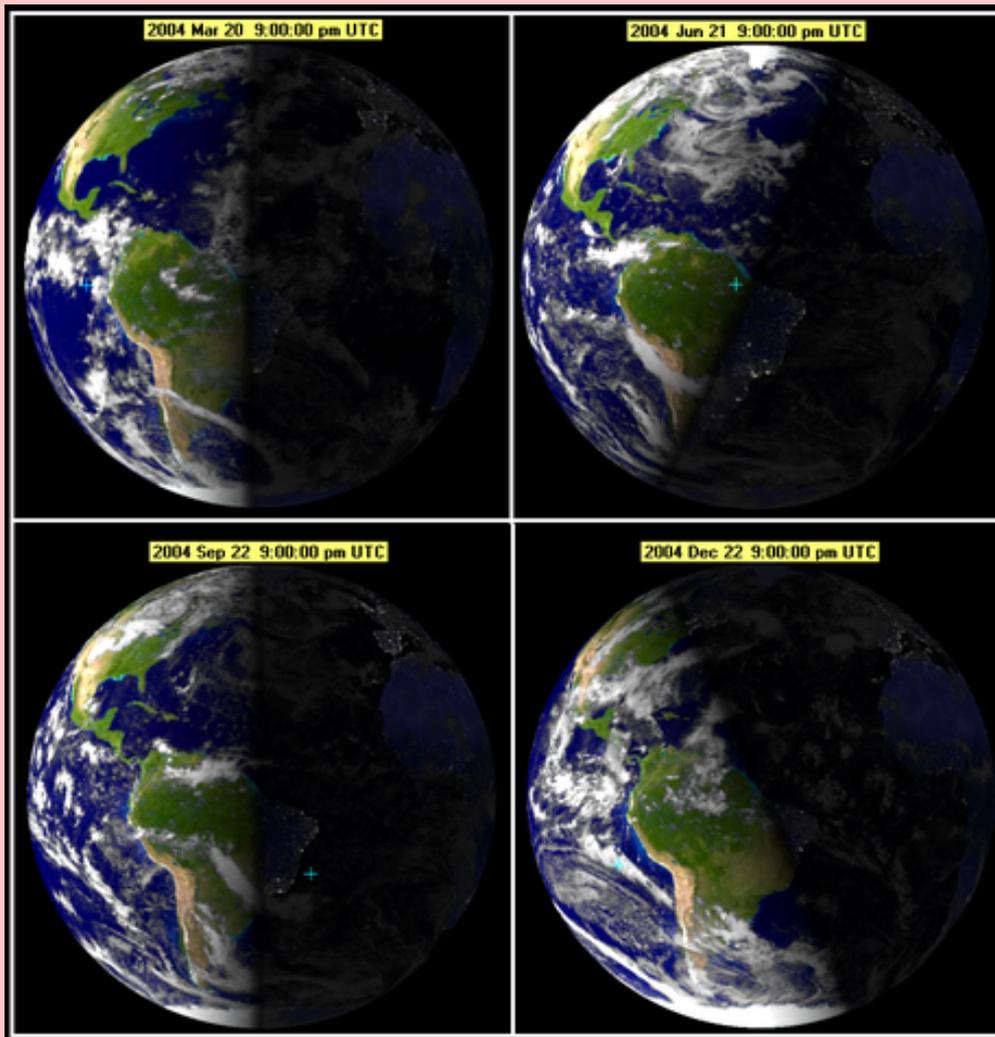
salvar tudo e continuar mais tarde

É um pensamento muito comum imaginar que, pelo fato da órbita da Terra ser uma elipse, quando a Terra passa pelo afélio (ponto mais distante do Sol) nós observamos temperaturas mais frias nessa época, e quando a Terra passa pelo periélio (ponto mais próximo do Sol) observamos temperaturas mais quentes nesse período. O afélio ocorre em julho, inverno no Hemisfério Sul, e o periélio ocorre em janeiro, verão no Hemisfério Sul. É coerente pensar, então, que é inverno porque a Terra passa pelo ponto mais distante de sua órbita do Sol e que é verão porque a Terra passa pelo ponto mais próximo do Sol. Porém, esse pensamento não leva em consideração que quando a Terra está em seu ponto mais distante do Sol é verão no Hemisfério Norte e quando a Terra passa pelo seu ponto mais próximo do Sol é inverno no Hemisfério Norte. Quanto maior o valor da excentricidade, mais elíptica essa órbita é. No caso da órbita da Terra, o valor da excentricidade é muito pequeno, esse valor muito próximo de zero a torna praticamente circular. Isso implica que a distância da Terra até o Sol não varia significativamente ao longo do ano a ponto de gerar, sozinha, grandes mudanças de temperatura na Terra.

As estações do ano ocorrem porque o eixo de rotação da Terra é inclinado aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao plano orbital. Em consequência, um mesmo ponto na superfície da Terra não recebe a mesma quantidade de luz solar em diferentes épocas do ano.

As quatro imagens abaixo [7] mostram a quantidade de luz solar que chega na Terra nos equinócios e solstícios exatamente no mesmo horário.

Nos equinócios (20 de março e 22 de setembro) a quantidade de luz solar recebida nos dois hemisférios é a mesma. Diferente dos equinócios, nos solstícios a iluminação da Terra não é a mesma. Mesmo sempre metade da Terra estando iluminada e outra metade não, nos dias diferentes dos equinócios, um dos hemisférios receberá mais luz do que o outro. No solstício de dezembro todo o Hemisfério Sul receberá luz solar e no Hemisfério Norte não haverá luz solar para latitudes acima do Círculo Polar Ártico. No solstício de junho todo o Hemisfério Norte receberá luz solar e no Hemisfério Sul não haverá luz solar para latitudes acima do Círculo Polar Antártico.



O valor do eixo de inclinação da Terra em relação à eclíptica é constante e isso faz com que a Terra aponte sempre para a mesma direção no espaço conforme orbita o Sol. O valor do ângulo de inclinação não varia ao longo do ano, o que varia é a orientação da inclinação da Terra ao orbitar o Sol. Em outras palavras, é a posição dos hemisférios em relação ao Sol que muda conforme a Terra percorre sua trajetória em torno do Sol. Quando um dos hemisférios está orientado para o Sol, o outro não está.

As estações do ano não são causadas pela órbita elíptica da Terra, mas sim pelo fato de que o eixo de rotação da Terra é inclinado aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao plano orbital. Essa inclinação é o principal fator para as mudanças de estações. Se a Terra não fosse inclinada $23,5^\circ$ não haveria mudança de estações porque, ao orbitar o Sol, os raios solares atingiriam todos pontos da Terra de forma igual durante toda a trajetória ao redor dele.

15. A constância no eixo de inclinação da Terra em relação à eclíptica é responsável por causar:

- A. Os eclipses
- B. A rotação da Terra
- C. As estações do ano

salvar tudo e continuar mais tarde

16. Quando o Polo Norte está voltado em direção ao Sol, o Hemisfério Norte está em qual estação?

- A. Primavera
- B. Verão
- C. Inverno

salvar tudo e continuar mais tarde

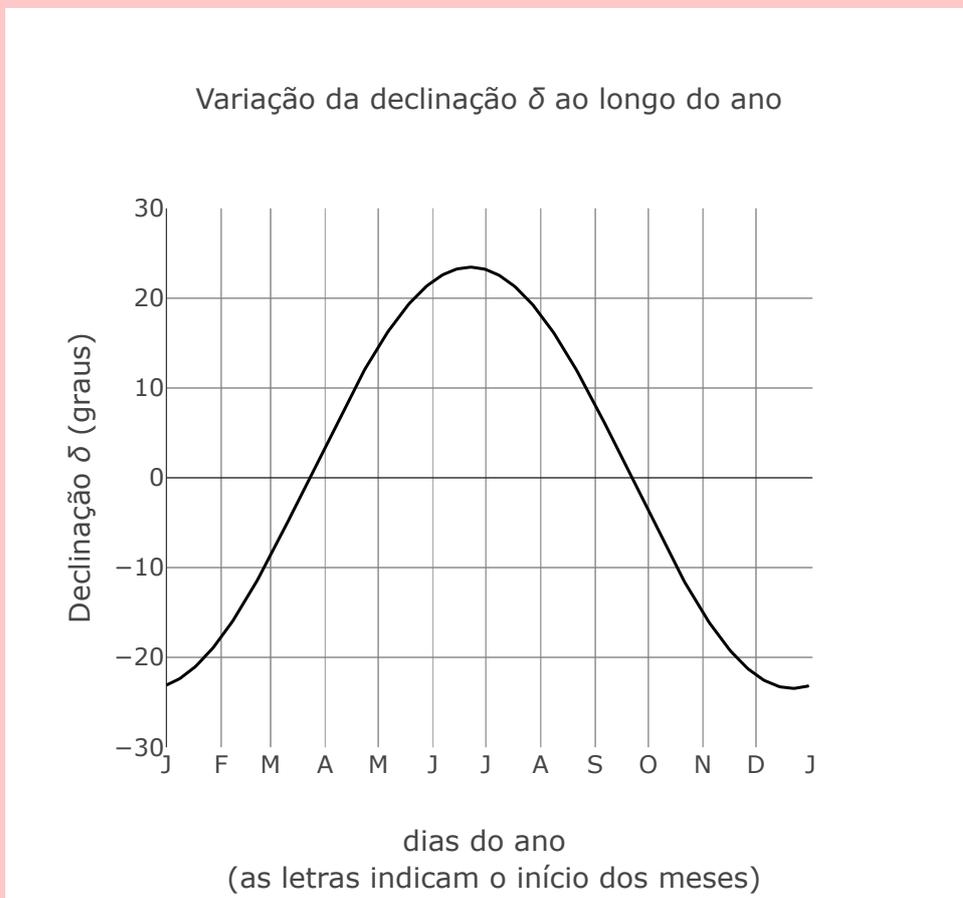
Ângulo de declinação solar (δ): ângulo formado pelos raios solares em relação com o plano do Equador. Ao longo do ano a declinação varia entre $-23,45^\circ$ (solstício de verão no Hemisfério Sul) e $+23,45^\circ$ (solstício de inverno no Hemisfério Sul). Quando o ângulo de declinação é igual a zero, os raios solares estão paralelos ao plano do Equador, temos os equinócios de primavera e outono.

A imagem a seguir mostra a vista lateral da Terra quando ela passa pelo ponto da órbita onde seus ângulos de declinação valem $-23,45^\circ$ e $+23,45^\circ$.



O gráfico abaixo representa o ângulo de declinação solar δ em função dos dias do ano.

Os dias do ano estão ordenados de forma crescente, de 1 a 365.



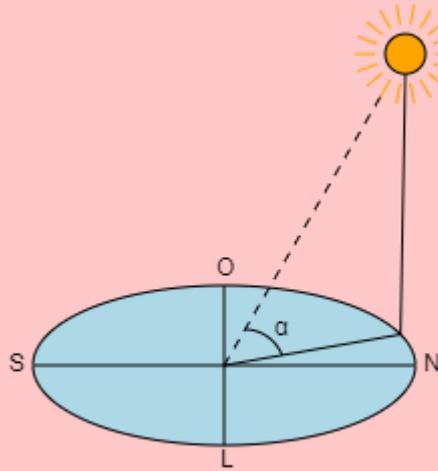
17. Quando o ângulo de declinação solar atinge seu valor mínimo, qual ponto da Terra está voltado para o Sol?

- A. Hemisfério Norte
- B. Equador
- C. Hemisfério Sul

salvar tudo e continuar mais tarde

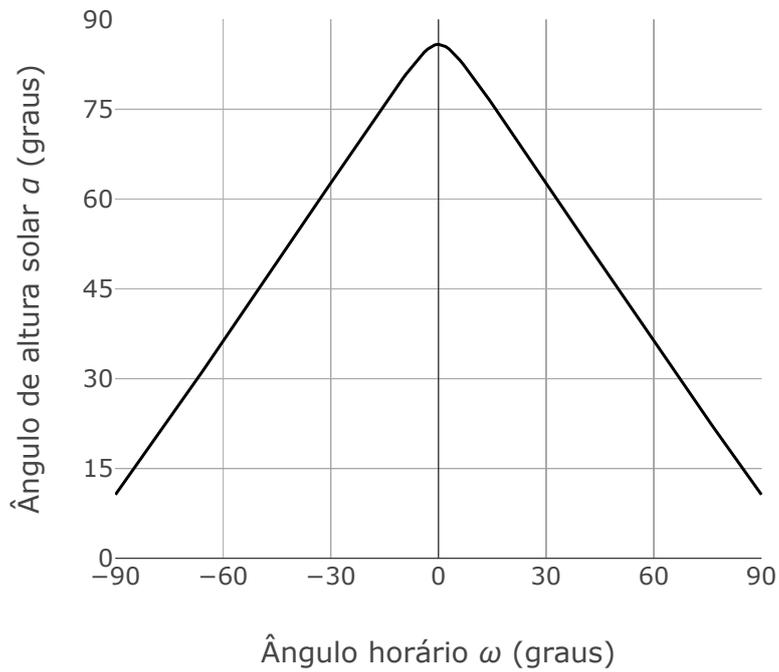
Altura solar (α): ângulo formado pelo sol com o plano do horizonte. Varia ao longo do dia com o movimento aparente do Sol. Devido à declinação, o Sol descreve uma trajetória aparente no céu diferente a cada dia do ano. No inverno a altura solar é menor (sol mais "baixo"); no verão a altura solar é maior (sol mais "alto"). $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

A figura a seguir representa esquematicamente o ângulo de altura solar.



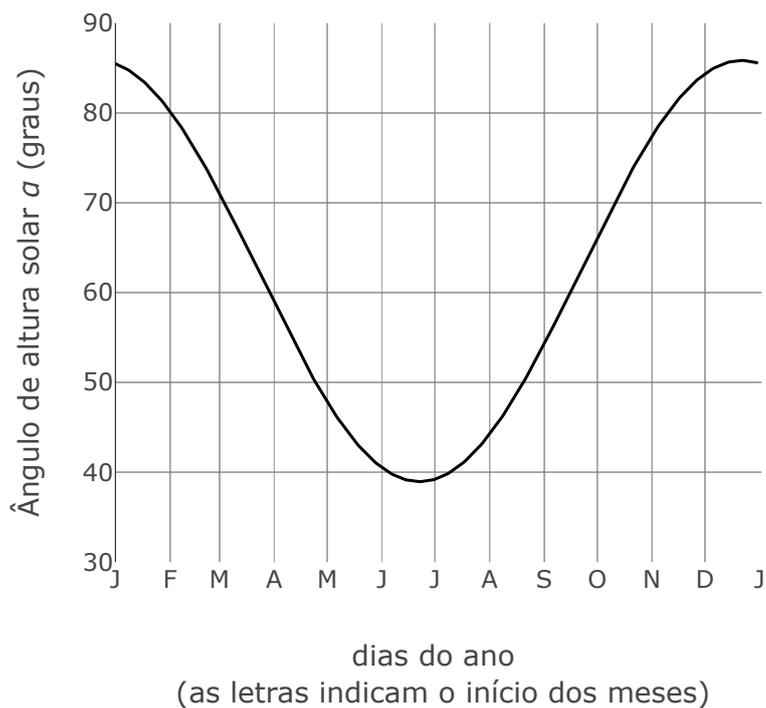
O gráfico abaixo representa o ângulo de altura solar α em função dos ângulos horários (horas do dia) para o dia em que ocorre o solstício de verão.

Ângulo de altura solar em função dos ângulos horários para o solstício de verão (~21/12) em Florianópolis



O gráfico abaixo representa o ângulo de altura solar α em função dos dias do ano para uma mesma hora do dia.

Ângulo de altura solar em função dos dias do ano para um mesmo ângulo horário (12 hs solar em Florianópolis)



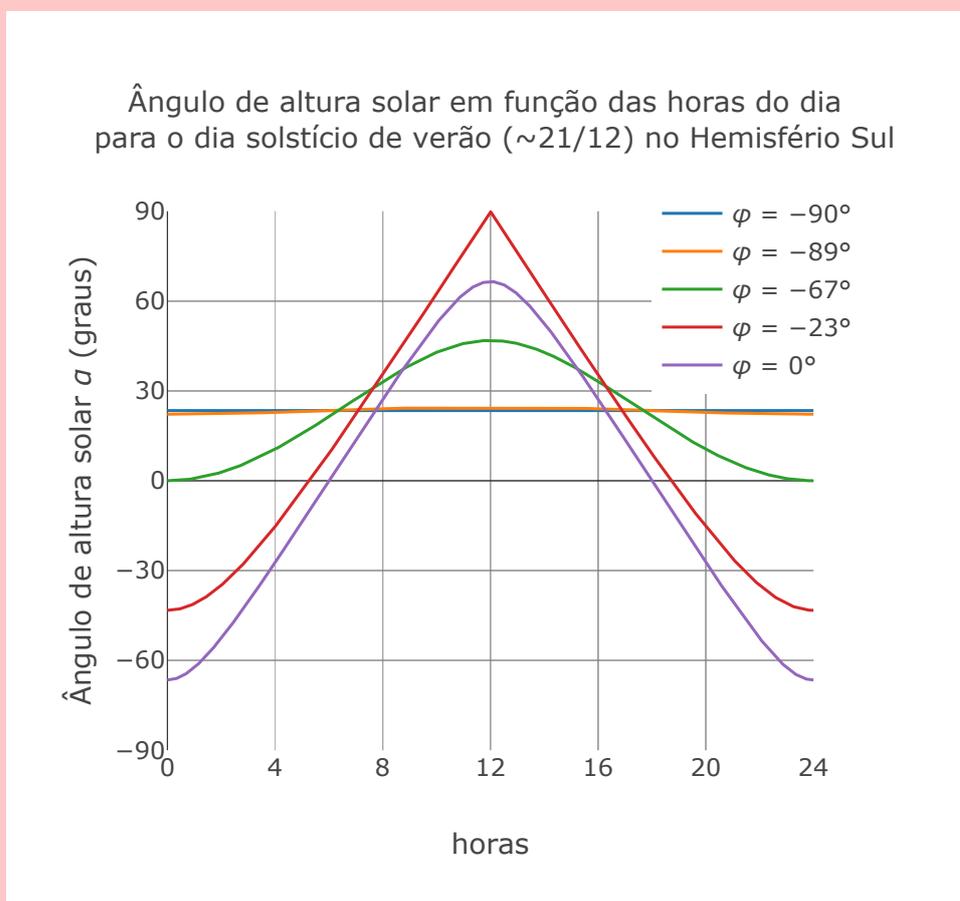
18. Para qualquer dia, o valor do ângulo de altura solar terá seu maior valor quando o ângulo horário for:

- A. -50°
- B. 0°
- C. 50°

salvar tudo e continuar mais tarde

O gráfico abaixo representa o ângulo de altura solar α para várias latitudes em 22 de dezembro (Solstício de verão no Hemisfério Sul) para as 24 horas do dia. Altura solar é o ângulo formado pelo sol com o plano do horizonte. Esse ângulo varia ao longo do dia com o movimento aparente do Sol. Devido à declinação, o Sol descreve uma trajetória aparente no céu diferente a cada dia do ano. No inverno a altura solar é menor (sol mais "baixo"), já no verão a altura solar é maior (sol mais "alto").

Para valores de α negativos, o Sol não aparece no horizonte. Isso significa que para latitudes onde, em determinada hora, o valor de α é menor que zero, nós não temos luz solar. Para valores de α positivos, podemos ver o Sol no céu.



19. Na latitude $\varphi = -90^\circ$ (Polo Sul) a altura solar é constante. Para essa latitude, há luz solar durante quantas horas do dia?

- A. 24 horas
- B. 12 horas
- C. Não há luz solar

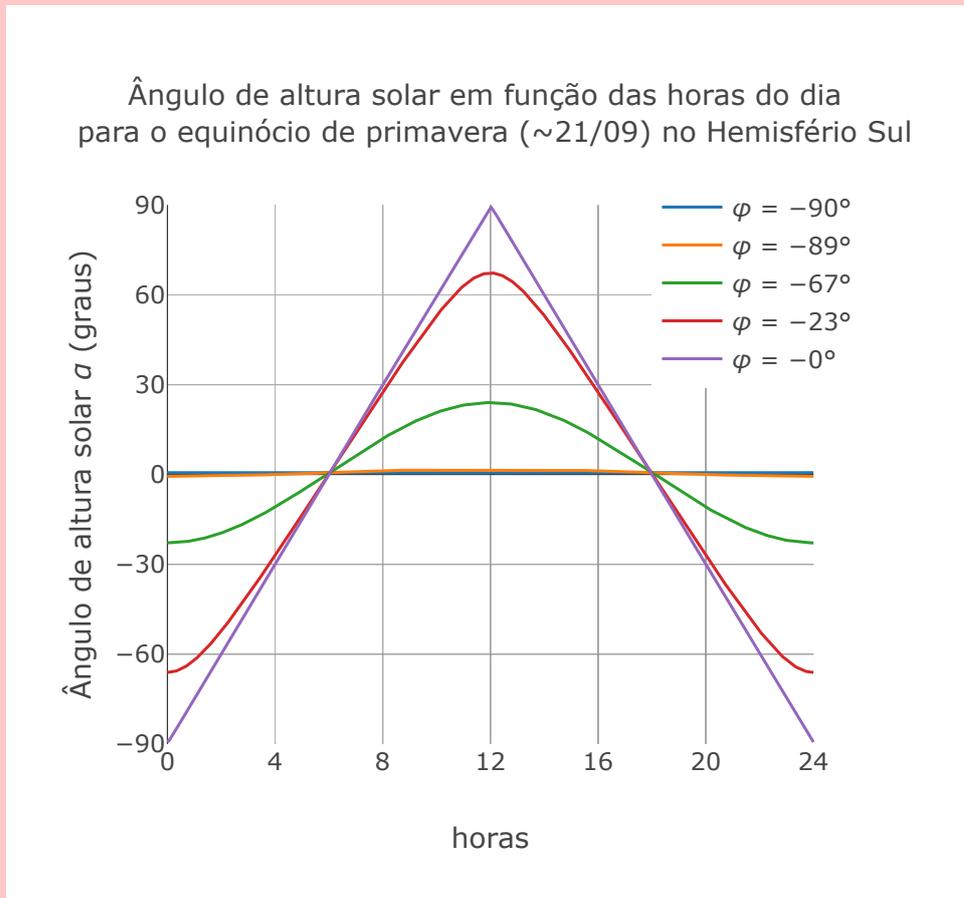
salvar tudo e continuar mais tarde

20. Para qual das latitudes (φ) temos o maior valor de α ?

- A. $\varphi = -66.56^\circ$
- B. $\varphi = -23.27^\circ$
- C. $\varphi = 0^\circ$

salvar tudo e continuar mais tarde

No gráfico abaixo temos o ângulo de altura solar α em função das 24 horas do dia no equinócio de primavera.

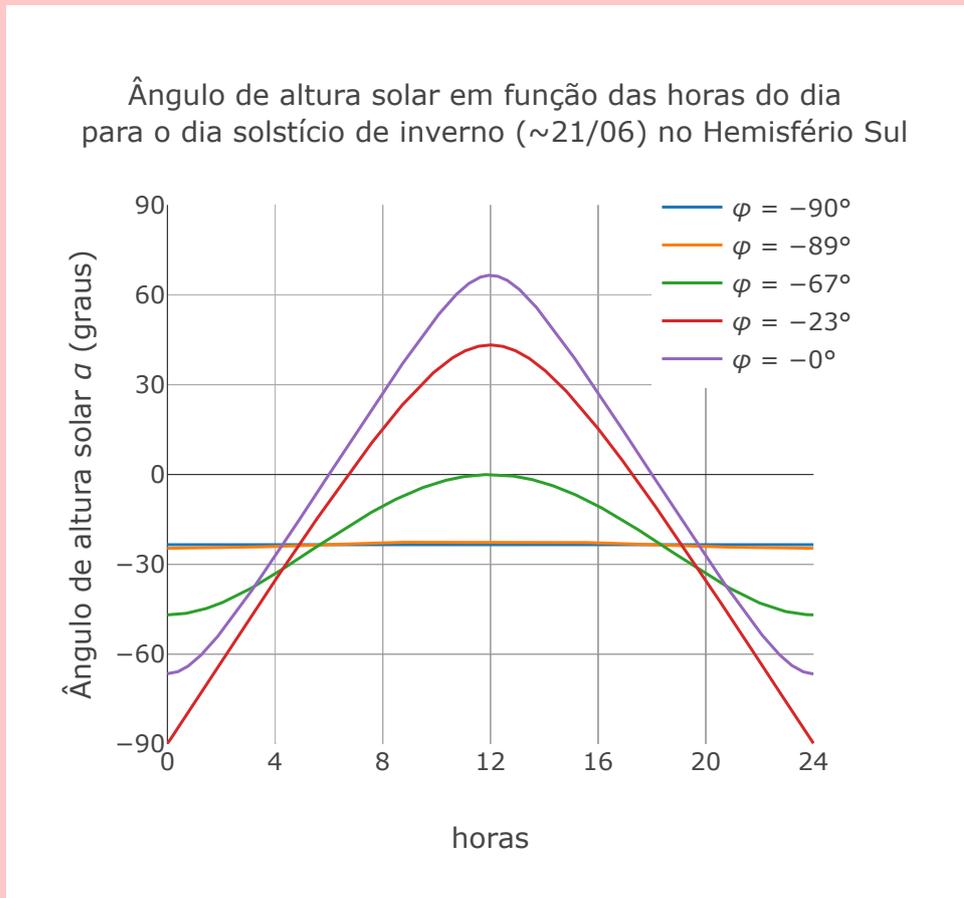


21. Para qual das latitudes (ϕ) temos o maior valor de α ?

- A. $\phi = -66.56^\circ$
- B. $\phi = -23.27^\circ$
- C. $\phi = 0^\circ$

salvar tudo e continuar mais tarde

No gráfico abaixo temos o ângulo de altura solar α em função das 24 horas do dia no solstício de inverno no Hemisfério Sul.



22. Na latitude $\varphi = -90^\circ$ (Polo Sul) a altura solar é constante. Para essa latitude, há luz solar durante quantas horas do dia?

- A. 24 horas
- B. 12 horas
- C. Não há luz solar

salvar tudo e continuar mais tarde

23. Para qual das latitudes (φ) temos o menor valor de α ?

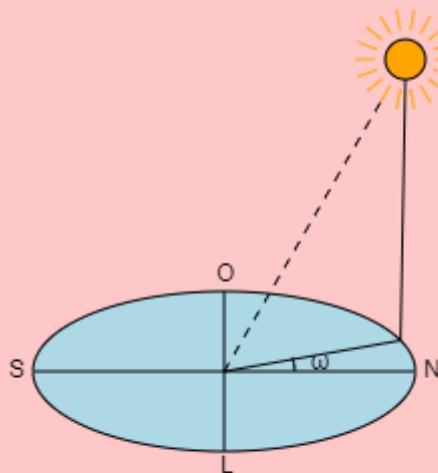
- A. $\varphi = -90^\circ$
- B. $\varphi = -23.27^\circ$
- C. $\varphi = 0^\circ$

salvar tudo e continuar mais tarde

Ângulo Horário (ω): ângulo de rotação aparente do sol a leste ou oeste do meridiano local devido à rotação da Terra em seu eixo a 15° por hora. Os ângulos horários variam entre -180° a $+180^\circ$. De forma simplificada o ângulo horário representa as horas do dia. Por exemplo: o ângulo horário $\omega = 0^\circ$ representa o meio dia solar. Como a Terra rotaciona em seu eixo a 15° por hora, 1 hora equivale a 15° . Assim, podemos escrever $\omega = (H - 12) \cdot 15^\circ$. Onde o H representa a hora. O valor do ângulo horário é positivo de manhã e negativo à tarde.

Os **ângulos de nascer e pôr do Sol** são os ângulos horários quando o ângulo de radiação incidente é $\theta = 90^\circ$. Considerando-se a simetria entre os ângulos de nascer e pôr do sol, a duração do dia solar é dada por n.

A figura a seguir representa o ângulo horário.

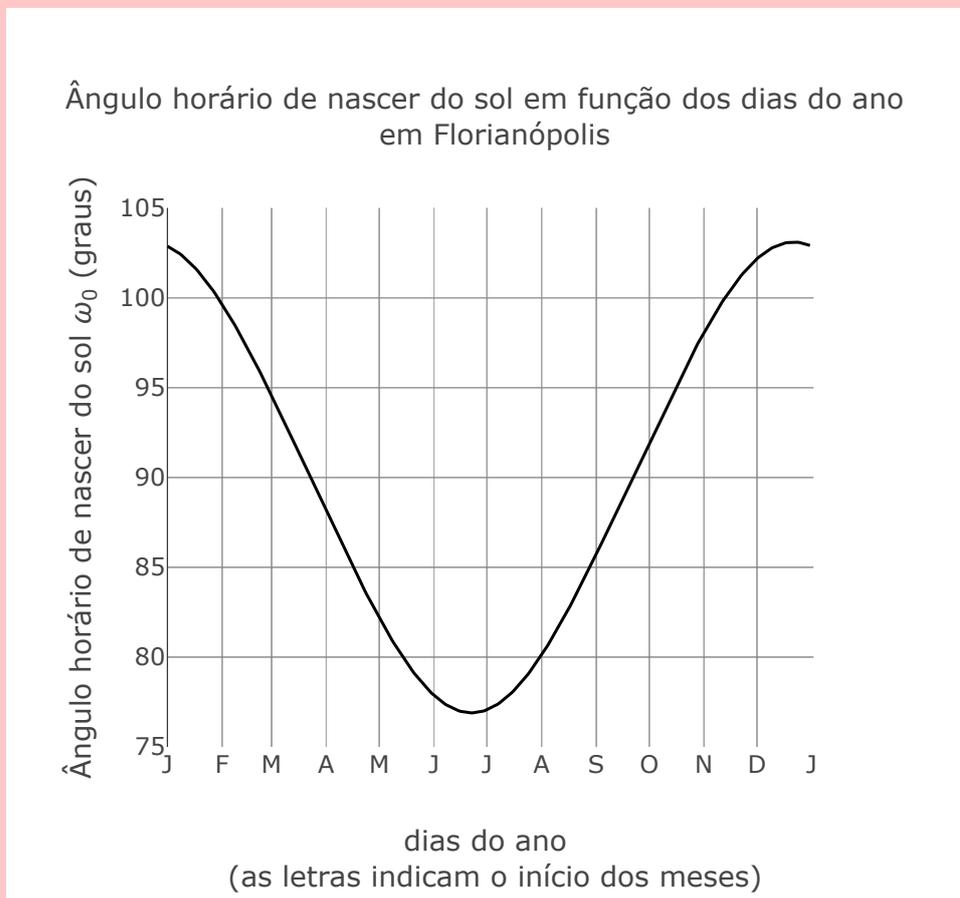


24. Para o período da manhã temos valores positivos do ângulo horário. Para o período da tarde temos valores negativos do ângulo horário. Então, o ângulo horário igual a 0° representa:

- A. 8 horas da manhã
- B. Meio dia
- C. 2 horas da tarde

salvar tudo e continuar mais tarde

O gráfico abaixo representa os ângulos horários de nascer do sol, para a cidade de Florianópolis, em função dos dias do ano.



25. Qual o dia em que o ângulo horário de nascer do sol é mínimo?

- A. 81 (equinócio de outono)
- B. 172 (solstício de inverno)
- C. 355 (solstício de verão)

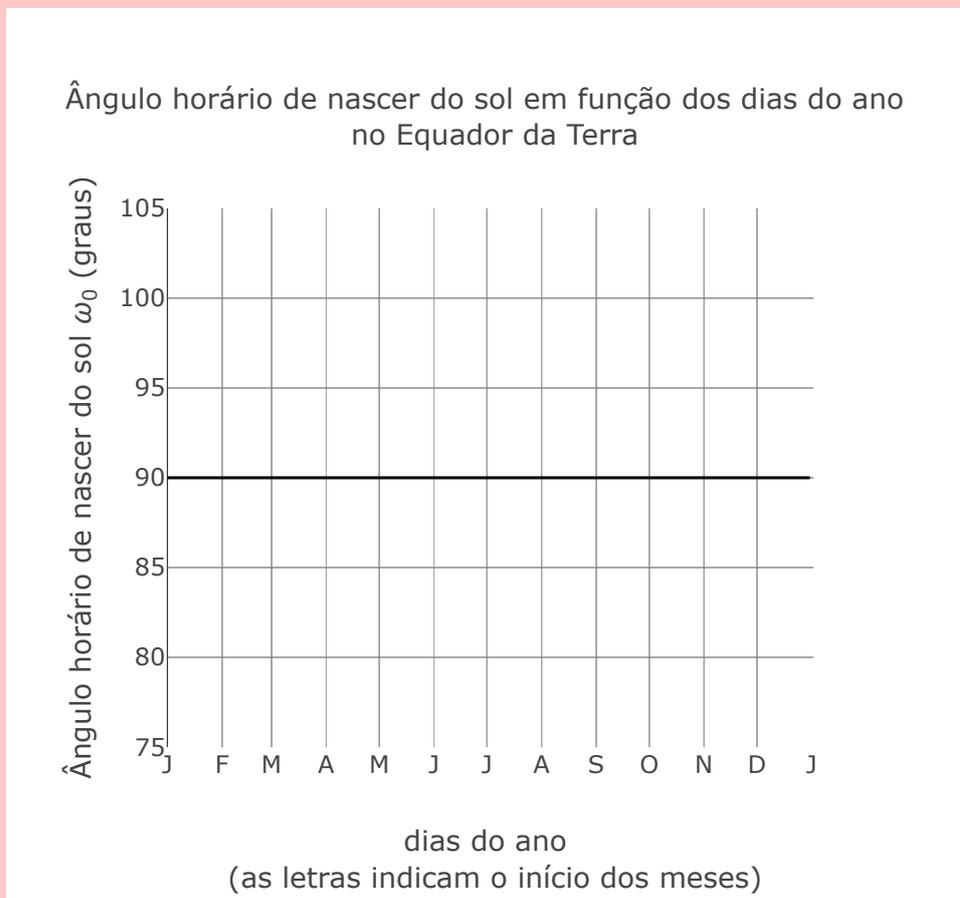
salvar tudo e continuar mais tarde

26. Qual o dia em que o ângulo horário de nascer do sol é máximo

- A. 81 (equinócio de outono)
- B. 172 (solstício de inverno)
- C. 355 (solstício de verão)

salvar tudo e continuar mais tarde

O gráfico abaixo representa o ângulo horário de nascer do sol no Equador ($\varphi = 0^\circ$) para todos os dias do ano.



27. Qual o valor do ângulo horário de nascer do sol no dia 54?

- A. 0°
- B. -90°
- C. 90°

salvar tudo e continuar mais tarde

28. Qual o valor do ângulo horário de nascer do sol no dia 321?

- A. 0°
- B. -90°
- C. 90°

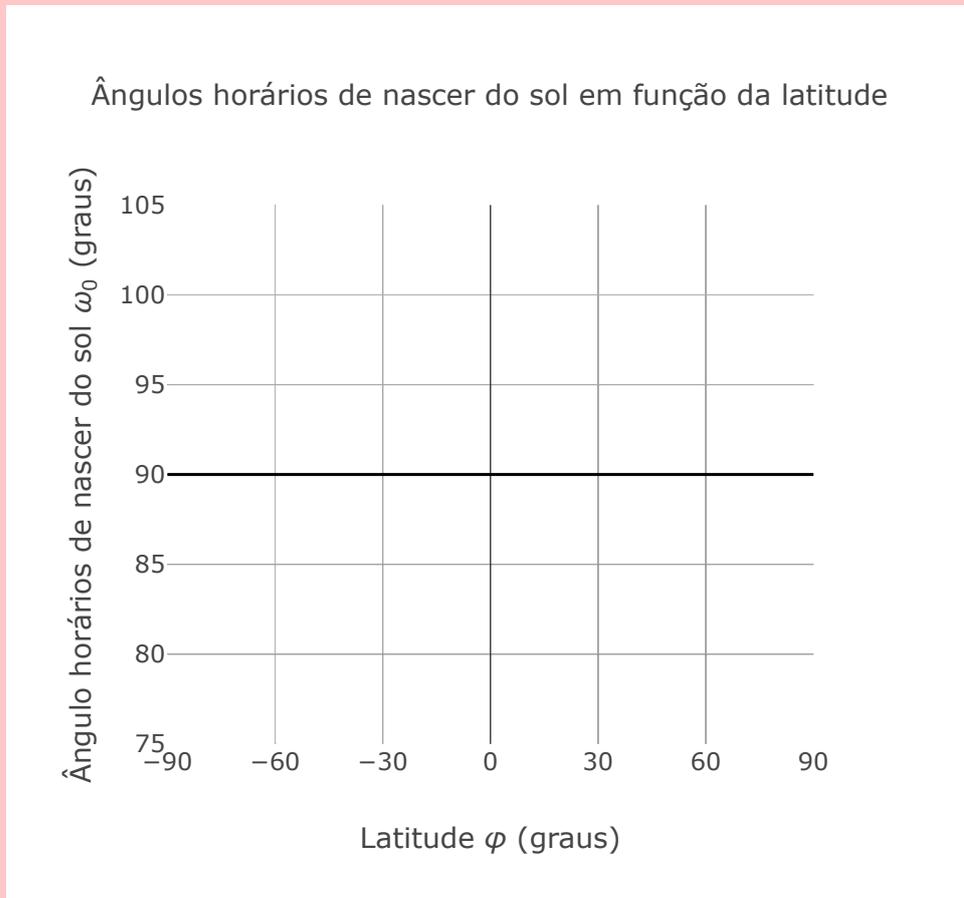
salvar tudo e continuar mais tarde

29. No Equador, o ângulo horário de nascer do sol varia?

- A. Sim, o ângulo horário de nascer do sol varia para todos os dias do ano
- B. Não, o ângulo horário de nascer do sol é idêntico para todos os dias do ano
- C. Não é possível responder de acordo com o gráfico

salvar tudo e continuar mais tarde

O gráfico abaixo representa o ângulo horário de nascer do sol para todas as latitudes da Terra nos Equinócios, quando o ângulo de declinação solar (δ) é zero.



30. Nos equinócios, o valor do ângulo horário de nascer do sol varia ou o seu valor é constante para todas as latitudes da Terra?

- A. Nos equinócios, o ângulo horário de nascer do sol é idêntico para todas as latitudes da Terra
- B. Nos equinócios, o ângulo horário de nascer do sol varia para todas as latitudes da Terra
- C. Nos equinócios, o ângulo horário de nascer do sol varia algumas latitudes da Terra

salvar tudo e continuar mais tarde

31. Nos equinócios, qual o valor do ângulo horário de nascer do sol para todas as latitudes da Terra?

- A. 90°
- B. 0°
- C. -90°

salvar tudo e continuar mais tarde

32. Nos equinócios o ângulo horário de nascer do sol é igual a 90° e dada simetria dos dias, o ângulo de pôr do sol é -90° . Então, o que acontece à duração dos dias e das noites nos equinócios? Lembre que os ângulos horários variam de -180° a $+180^\circ$

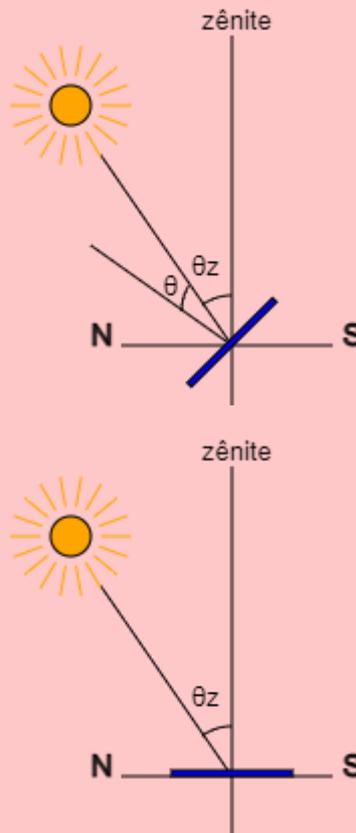
- A. Os dias são mais longos do que as noites;
- B. As noites são mais longas do que os dias;
- C. Os dias e noites tem a mesma duração. Temos 12 horas de dia e 12 horas de noite.

salvar tudo e continuar mais tarde

Ângulo de incidência solar (θ): ângulo formado entre os feixes de luz solar e a normal de uma superfície.

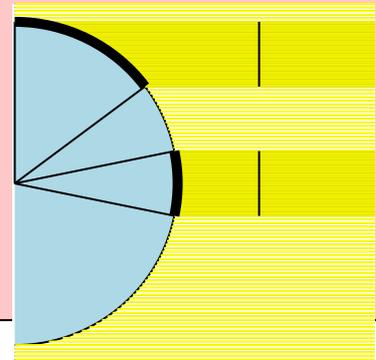
Ângulo de zênite (θ_z): é o ângulo de incidência solar para uma superfície horizontal. Podemos definir o ângulo de zênite como sendo o ângulo formado por uma linha imaginária perpendicular ao solo e a linha da projeção dos raios solares.

A figura a seguir representa o ângulo de incidência solar e o ângulo de zênite sobre uma superfície.

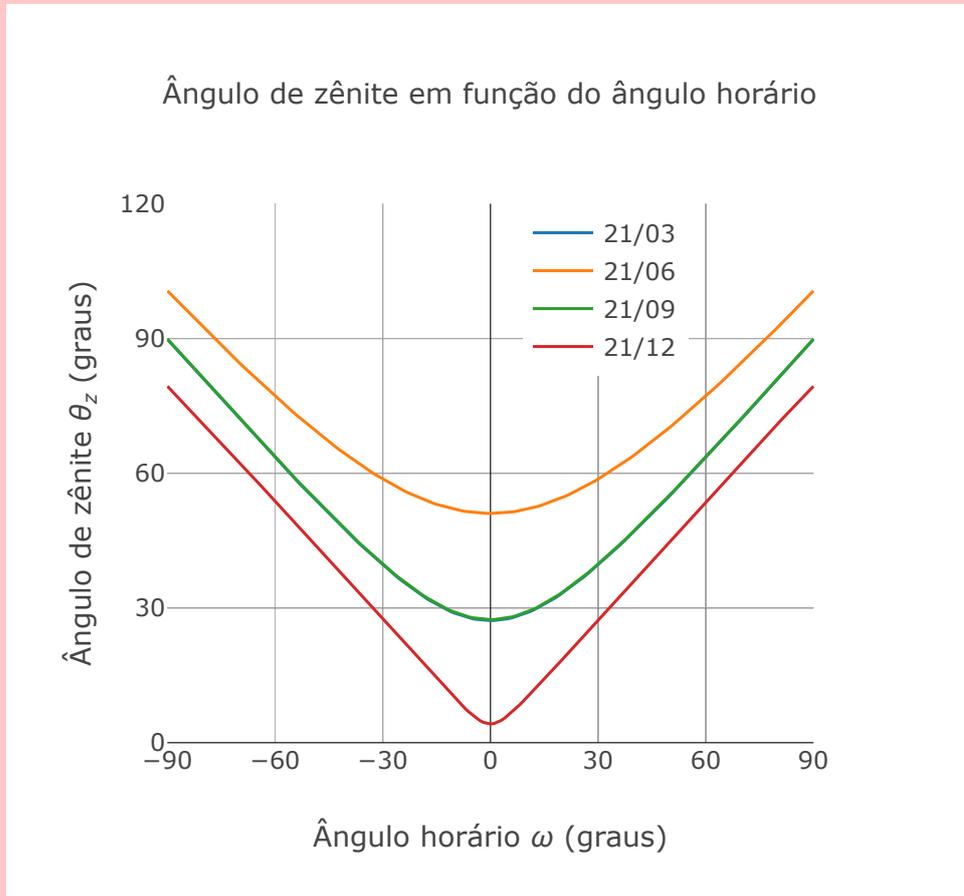


O ângulo de incidência solar está relacionado à quantidade de energia solar recebida por unidade de área de superfície.

Quanto menor o ângulo de incidência (mais inclinado) maior é a área receptora de energia, ou seja, os raios solares se distribuem por uma área maior e isso faz com que tenhamos sobre essa superfície uma temperatura menor. Para ângulos de incidência maiores (menos inclinados) temos uma maior quantidade de energia solar recebida por unidade de área de superfície porque a área receptora de energia é menor.



O gráfico abaixo representa a variação do ângulo de incidência solar para uma superfície horizontal (que tem ângulo de zênite $\theta_z = 0^\circ$), localizada em Florianópolis, em função dos ângulos horários (ω) para os equinócios e solstícios. As curvas que representam, no gráfico, os equinócios correspondem aos dias 21/03 e 21/09, o solstício de inverno 21/06 e o solstício de verão 21/12.



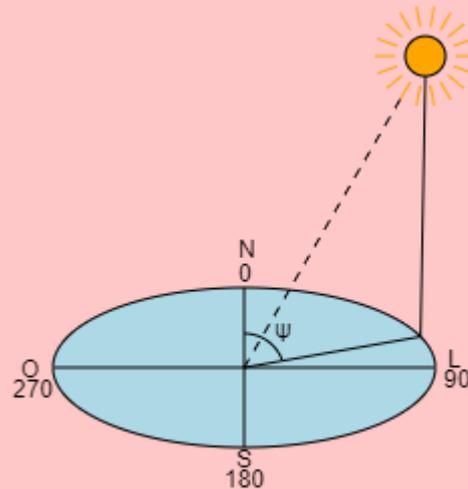
33. Para qual dia, a incidência de luz solar sobre essa superfície horizontal é maior?

- A. 354 - Solstício de verão
- B. 172 - Solstício de inverno
- C. 81 e 263 - Equinócios

salvar tudo e continuar mais tarde

Azimute solar (ψ): ângulo que a projeção do Sol faz com a direção norte no plano do horizonte. Ele é medido no sentido horário entre a direção norte e a projeção do raio solar.

A imagem a seguir representa o ângulo de azimute solar.

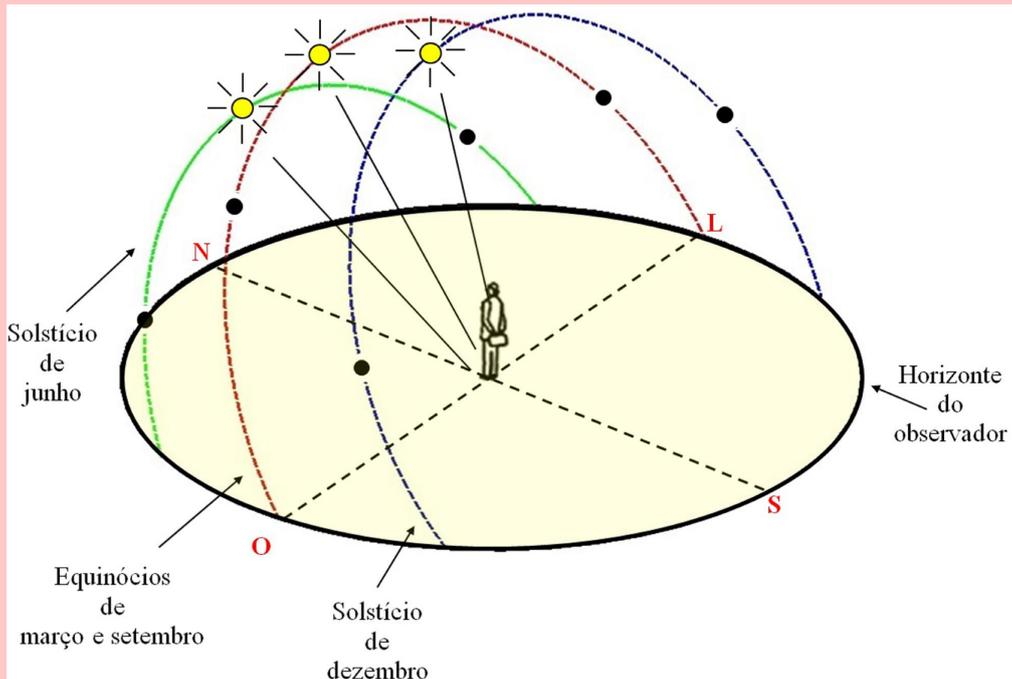


Podemos definir a trajetória do Sol na esfera celeste através dos ângulos de azimute (ψ) e altura solar (α). Para esta trajetória do sol na esfera celeste chamamos de diagrama solar.

O diagrama solar pode ser interpretado como a projeção das trajetórias solares ao longo da esfera celeste durante todo o ano.

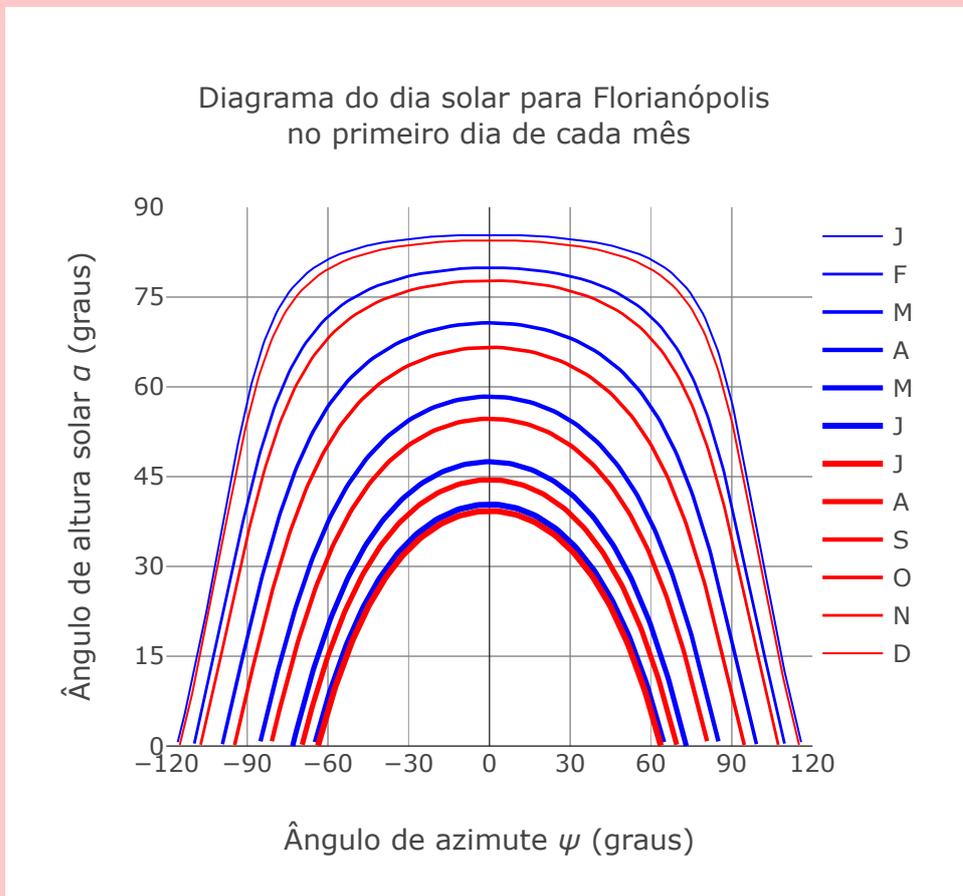
Como o Sol nasce a leste e se põe a oeste, o primeiro ponto, situado a leste, no diagrama solar representa o momento em que o Sol nasce e o último ponto, situado a oeste, o momento em que o sol se põe. O ponto mais alto no diagrama solar representa o meio dia solar.

A imagem a seguir [8] representa o diagrama do dia solar para os dias dos solstícios e equinócios. No verão temos dias mais longos e vemos o Sol "mais alto". No inverno temos o contrário, os dias são mais curtos e vemos o Sol "mais baixo". Nos equinócios o Sol ocupa uma posição intermediária entre os dois solstícios.

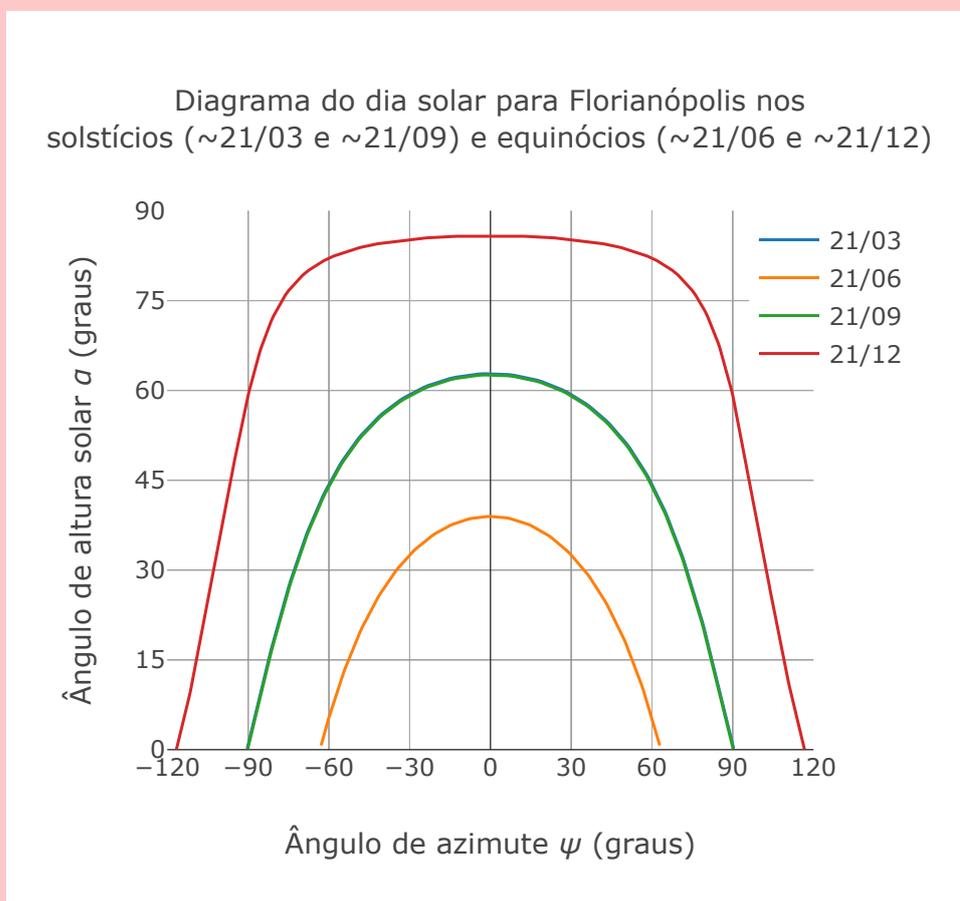


Podemos, também, representar o diagrama solar graficamente.

O gráfico abaixo representa o diagrama do dia solar para a cidade de Florianópolis no primeiro dia de cada mês.



O gráfico abaixo representa o diagrama do dia solar para a cidade de Florianópolis. Nesse diagrama estão a trajetória aparente do Sol nos equinócios e solstícios. As curvas que representam, no gráfico, os equinócios correspondem aos dias 21/03 e 21/09, o solstício de inverno 21/06 e o solstício de verão 21/12.



34. A curva mais alta representa qual dos quatro dias?

- A. Equinócio de outono
- B. Solstício de inverno
- C. Solstício de verão

salvar tudo e continuar mais tarde

35. A curva mais baixa representa qual dos quatro dias?

- A. Equinócio de primavera
- B. Solstício de inverno
- C. Solstício de verão

salvar tudo e continuar mais tarde

36. No gráfico, para dois dias distintos temos duas curvas iguais. Essas curvas representam:

- A. Os solstícios
- B. O solstício de verão e o equinócio de outono
- C. Os equinócios

salvar tudo e continuar mais tarde

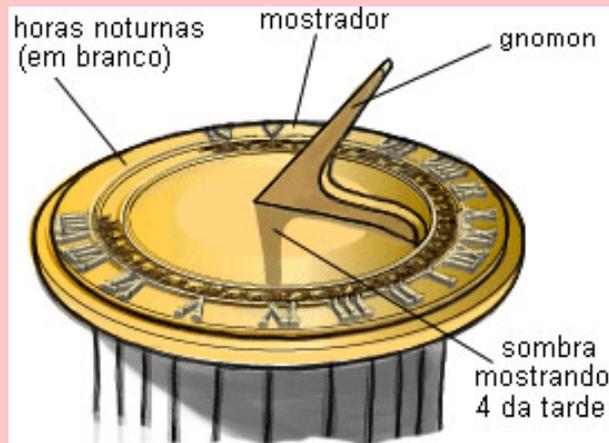
Tempo: a medida de tempo é uma construção humana. No processo da construção do conceito de tempo e nos instrumentos feitos para medi-lo, a noção de intervalo foi fundamental. Por exemplo, a rotação da Terra nos permite ter a noção mais simples de passagem (intervalo) de tempo: o dia e a noite. Entre o Sol se pôr e nascer novamente existe um intervalo de tempo, que para alguns períodos do ano, leva aproximadamente o mesmo período.

O tempo que medimos hoje em horas, minutos, segundos, dias, anos, etc, está baseado no movimento de rotação e translação da Terra. Para completar uma rotação em torno do seu eixo, a Terra leva 24 horas. O período de aproximadamente um ano é o tempo que a Terra leva para dar uma volta ao Sol.

Ao longo da história nós tivemos que criar alguns instrumentos como forma de medir e marcar a passagem do tempo. Por exemplo: a ampulheta, os relógios de água, pêndulos, relógios de sol, entre outros. Ao longo dos anos esses instrumentos de medida do tempo foram ficando mais desenvolvidos e hoje temos diversos tipos de relógios, analógicos, digitais e até os relógios atômicos.

Relógios de Sol: O mais antigo instrumento usado pela humanidade para medir o tempo é o relógio de Sol. Esse tipo de relógio mede a passagem do tempo através da observação da posição e do tamanho da sombra de uma haste projetada pelo Sol ao longo do dia. O ponteiro do relógio de Sol (a haste) é conhecido como gnômon e a superfície onde marca as linhas que indicam as horas chamamos de mostrador.

A figura a seguir [9] representa o modelo de um relógio de Sol:



Há tipos diferentes de relógios de sol.

Relógio de Sol horizontal: a superfície onde as linhas que indicam as horas é na horizontal e o gnômon faz um ângulo com a superfície igual a latitude do local.

Relógio de Sol vertical: a superfície onde as linhas que indicam as horas é na vertical e o gnômon faz um ângulo com a superfície igual ao ângulo complementar da latitude do local.

Relógio de Sol equatorial: a superfície onde as linhas que indicam as horas é paralela ao plano do equador e o gnômon é perpendicular à essa superfície.

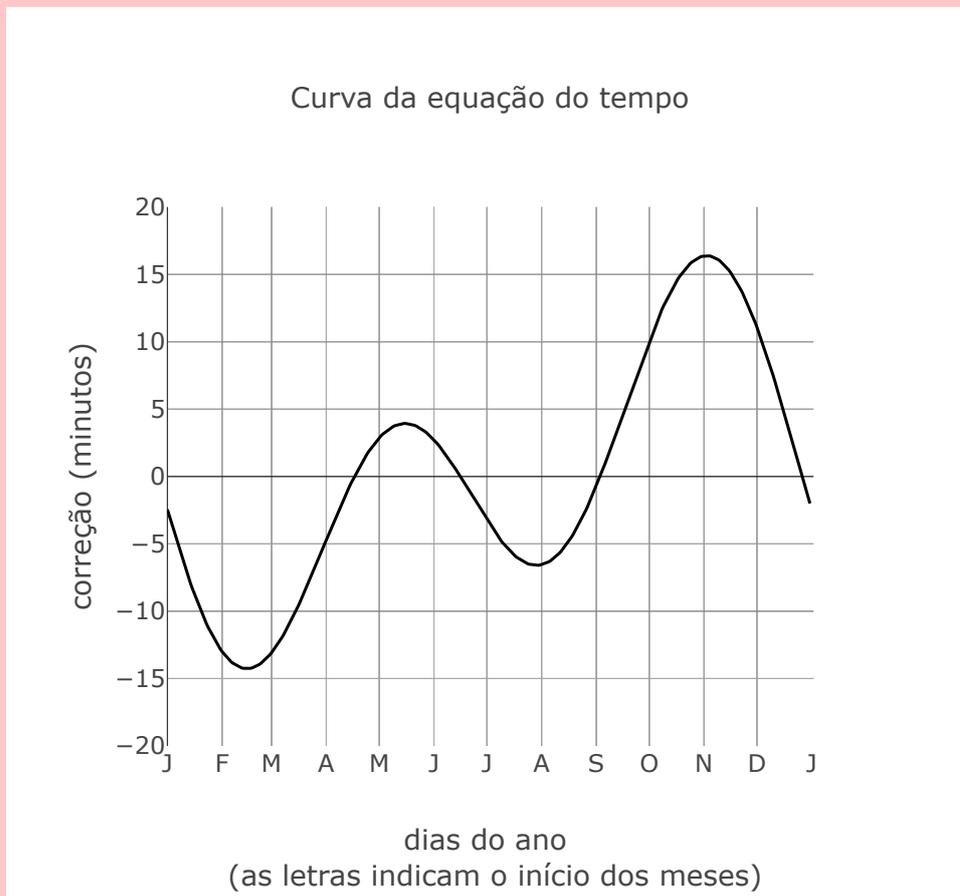
Intihuatana: é a pedra inca, localizada em Machu Picchu - Peru, que marca as estações do ano.

O tempo solar não coincide com o tempo marcado no relógio (hora oficial local). Se observarmos o Sol no mesmo local e no mesmo instante durante vários dias vamos notar que o Sol não vai estar exatamente na mesma posição.

Por conta da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica e a órbita da Terra ao redor do Sol ser uma elipse, a posição do Sol num mesmo instante muda ao longo do ano. Isso significa que o Sol não vai estar num mesmo ponto todos os dias no mesmo horário. A altura solar varia ao longo do ano fazendo com que o Sol se atrase ou se adiante.

De forma simples, podemos dizer que o Sol se atrasa e se adianta ao passar por um dado ponto num mesmo instante durante o ano.

O gráfico abaixo mostra quanto o Sol estará atrasado ou adiantado, em minutos, em relação aos dias do ano, para um mesmo local ao meio dia. Para valores positivos, no eixo dos minutos, o Sol está "adiantado" e para valores negativos o Sol está "atrasado".

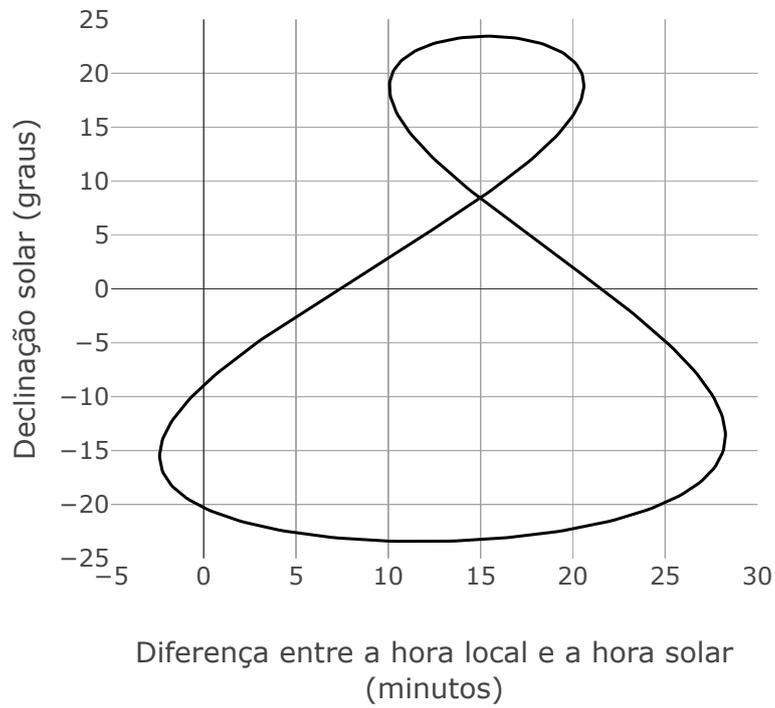


Um resultado desse atraso ou adiantamento do Sol é que se fotografássemos o Sol, durante um ano, todos os dias no mesmo horário (hora local) e com a câmera apontada para o mesmo lugar, obteríamos uma figura em forma de 8 ao sobrepor todas as imagens. Esta figura que encontramos sobrepondo as imagens é chamada de analema [10].

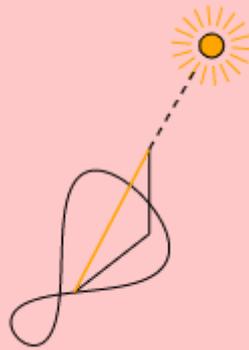


Podemos representar o analema graficamente. No gráfico abaixo temos a variação da declinação solar plotada contra a diferença da hora local e da hora solar, referente ao meio dia, para a cidade de Florianópolis.

Analema para Florianópolis para $T_{Loc} = 12$ horas



Se marcarmos a ponta da sombra de um gnômon num mesmo horário (hora local) durante todos os dias do ano, a figura formada pelas marcações tem esse mesmo formato, pois o Sol se atrasará ou adiantará. Consequentemente, as horas marcadas em um relógio de Sol raramente coincidem com as horas marcadas em um relógio (hora local).



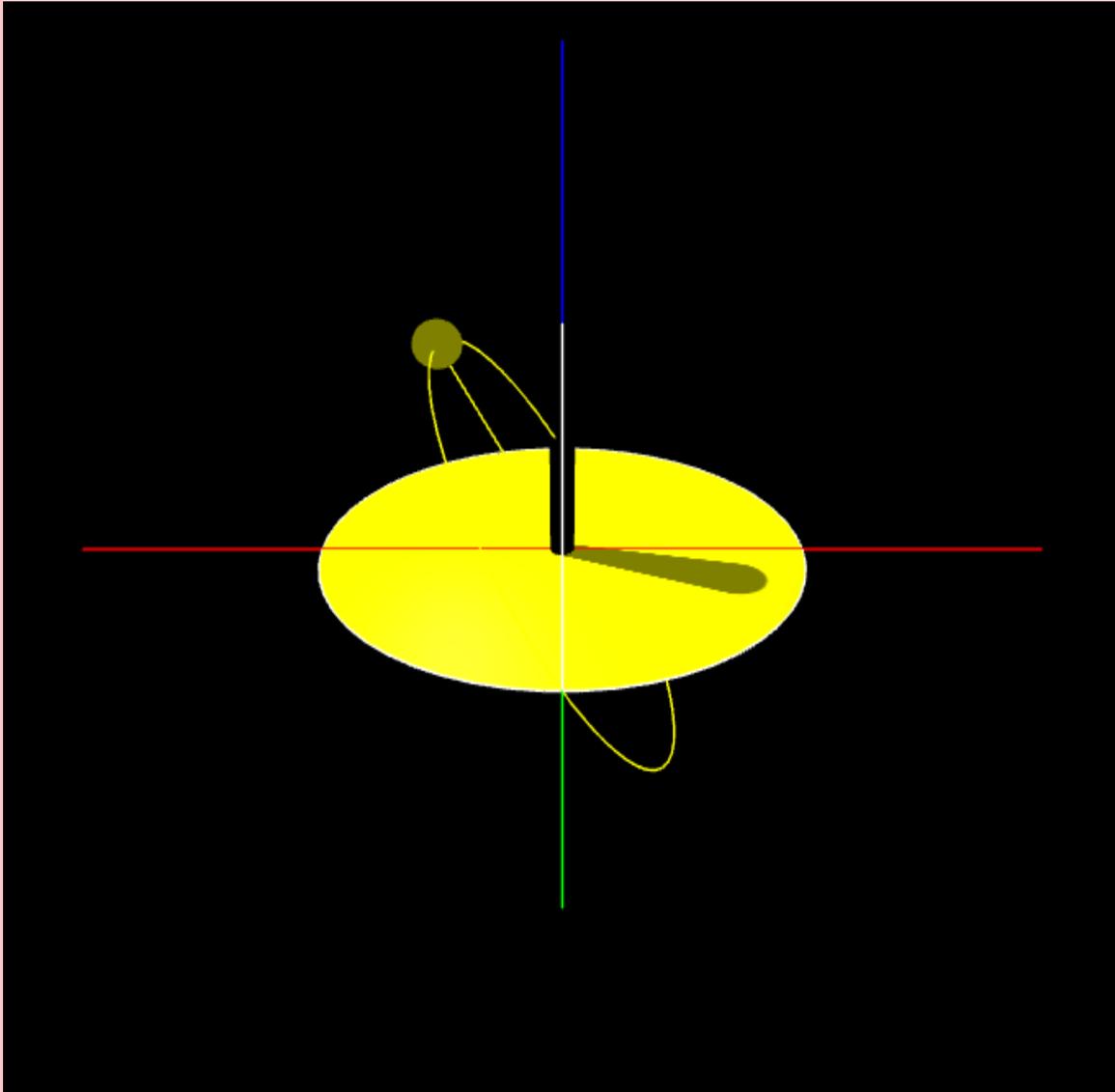
37. Por que obtemos uma figura em forma de 8 ao fotografar o Sol todos os dias do ano no mesmo horário (hora local) e com a câmera apontada para o mesmo lugar?

- A. Porque a trajetória da Terra ao redor do Sol tem o formato de 8
- B. Porque a posição do Sol num dado lugar em num mesmo horário varia ao longo do ano
- C. Porque há dias que a Terra demora mais de 24 horas para rotacionar no próprio eixo e há dias que a Terra demora menos de 24 horas

salvar tudo e continuar mais tarde

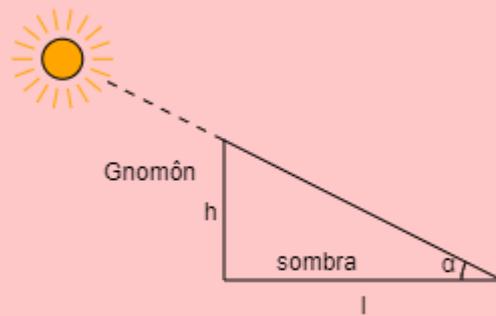
O mais simples relógio de Sol consiste em uma haste fixada, verticalmente, no solo. Esse tipo de relógio de sol é também chamado de gnômon. Fazemos as marcações da ponta da sombra da haste projetada pelo Sol. A haste é o ponteiro do nosso relógio e as marcações feitas pela projeção da sua sombra é o indicador das horas. Com esse relógio de Sol podemos determinar a altura do Sol, o meio dia solar, os quatro pontos cardeais e até mesmo o início das estações do ano e o ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica.

A figura a seguir mostra uma animação da variação da sombra de uma haste ao longo de um dia.



Determinação da altura do Sol: para determinar a altura solar precisamos saber o comprimento da haste e medir o comprimento da sua sombra em dado instante. O ângulo de altura solar é o ângulo que ele forma com o horizonte.

A figura a seguir representa a construção do gnômon. Onde h é o comprimento da haste (gnômon), l é o comprimento da sombra do gnômon e α é o ângulo de altura solar que queremos determinar para esse instante.



Sabendo o comprimento da haste e da sua sombra em um dado instante, o ângulo da altura do Sol é o ângulo formado entre a linha da projeção da sombra e dos raios solares. Podemos desenhar, em escala, o triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra e medir esse ângulo com um transferidor.

Caso você não tenha um transferidor, podemos usar a relação trigonométrica da tangente:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

No nosso caso, o cateto oposto ao ângulo α é a altura da haste e o cateto adjacente à esse ângulo é a sombra da haste:

$$\text{tg}(\alpha) = h/l$$

Para a cidade de Florianópolis, no dia 22 de dezembro, ao meio dia, o comprimento da sombra de uma haste de 10 metros é igual a 0,726 metros.

Nesse exemplo, temos:

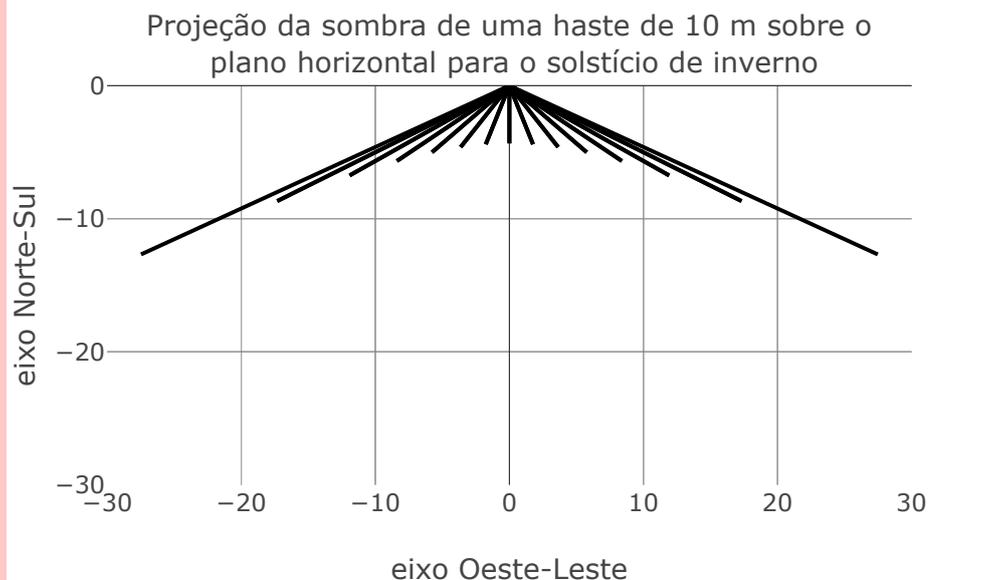
$$\text{tg}(\alpha) = 10/0,726$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(13,77) = 85,84^\circ$$

Determinação dos pontos cardeais: a sombra da haste tem seu comprimento máximo no nascer do sol e conforme o Sol vai "subindo" no horizonte o comprimento da sombra vai diminuindo. Quando o Sol atinge sua altura máxima, ao meio dia solar, o comprimento da sombra é mínimo.

Sabemos que devido ao movimento de rotação da Terra, o sol aparentemente nasce à leste e se põe a oeste. Quando o Sol atinge sua altura máxima ele está localizado exatamente a Norte-Sul do observador. Dessa forma, podemos determinar os pontos cardeais.

O gráfico a seguir representa as marcações da projeção da sombra de uma haste de 10 metros sobre o plano horizontal para o dia 21 de junho na cidade de Florianópolis.



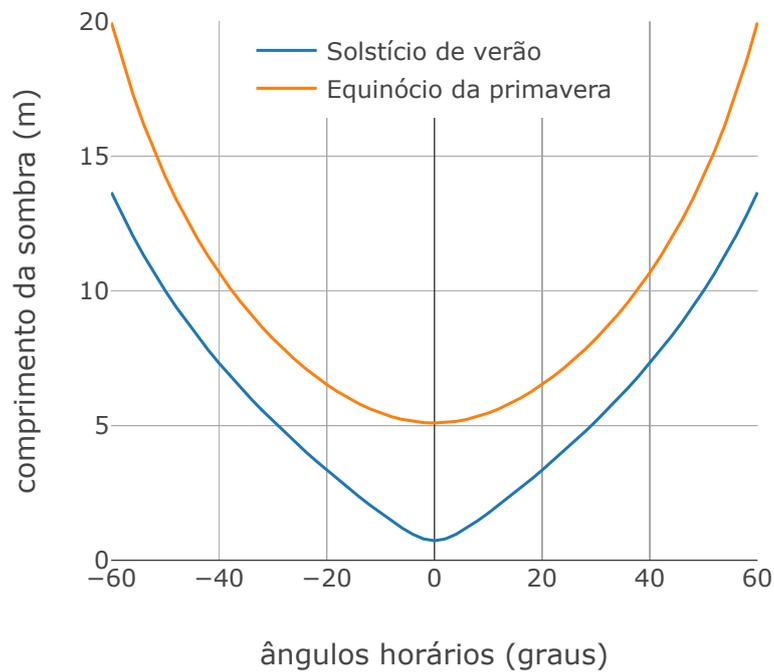
Com a haste ao centro, traçamos uma reta na direção da menor projeção da sombra e uma outra reta perpendicular à ela. Assim, encontramos os pontos cardeais. O leste é o lado em que o Sol nasce e oeste lado que ele se põe. Em geral para um observador no Hemisfério Sul o Sol aponta para o Norte, projetando a sombra de um objeto para o sul.

Determinação do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica: o comprimento da sombra da haste não vai ser o mesmo todos os dias do ano. A obliquidade da eclíptica faz com que o Sol pareça estar mais "mais alto" ou "mais baixo" no horizonte ao longo do ano. Isso faz com que o comprimento da sombra da haste seja diferente em um mesmo horário para dias diferentes do ano.

Para estimar o valor do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica, a obliquidade da eclíptica, nós precisamos do valor do comprimento da sombra da haste ao meio dia solar (horário em que a sombra da haste terá seu menor valor) em um dos solstícios e do comprimento da sombra da haste em um dos equinócios.

Nos gráficos a seguir temos as marcações do comprimento da sombra de uma haste de 10 metros em função dos ângulos horários, na cidade de Florianópolis, para os dias do solstício de verão e equinócio de primavera.

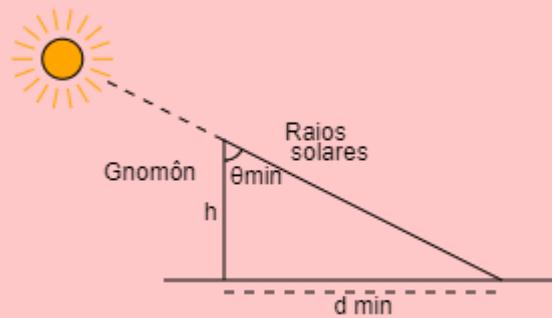
Comprimento da sombra da haste de 10m



Os gráficos podem ser representados, também, em função das horas do dia, e não dos ângulos horários.

Com o menor comprimento da sombra da haste (no meio dia solar), para esses dois dias, podemos determinar o menor ângulo de incidência dos raios solares.

O ângulo de incidência solar é o ângulo formado entre a haste e os raios solares. Como estamos usando o menor comprimento da sombra da haste (d_{\min}), temos o menor comprimento do ângulo de incidência solar (θ_{\min}). Podemos desenhar, em escala, o triângulo retângulo formado com a altura da haste e o comprimento da sombra e medir esse ângulo com um transferidor.



Se não tivermos um transferidor, podemos usar a relação trigonométrica da tangente.

Para esse caso, o cateto oposto ao ângulo θ_{\min} é a sombra da haste (d_{\min}) e o cateto adjacente à esse ângulo é a altura (h) da haste:

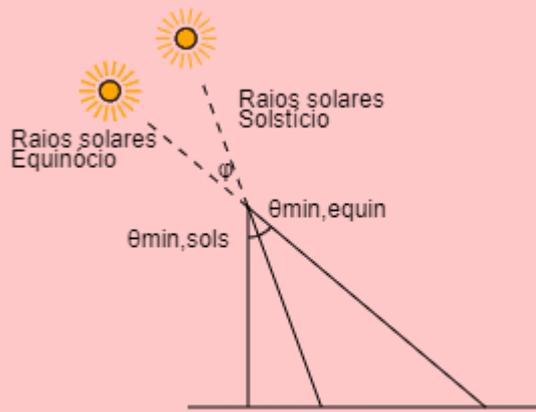
$$\text{tg}(\theta_{\min}) = d_{\min}/h$$

A tabela a seguir representa os dados obtidos das observações:

Dia	h (m)	sombra (m)	θ (graus)
22/09	10	5,094	26,9
22/12	10	0,726	4,1

Nos solstícios a Terra passa pela posição em que o Sol alcança sua maior declinação, em módulo, e nos equinócios essa declinação zero.

A figura a seguir compara os dois ângulos encontrados no solstício de verão ($\theta_{\min,\text{solst}}$) e no equinócio de primavera ($\theta_{\min,\text{equin}}$) com o ângulo do eixo de rotação da Terra (φ).



Na figura o ângulo formado entre os raios solares do solstício de verão e do equinócio corresponde ao ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica. É fácil ver que para determiná-lo nós vamos subtrair o valor do ângulo de incidência mínima do equinócio e do solstício:

$$\varphi = \theta_{\text{min,eq}} - \theta_{\text{min,sols}}$$

Obtemos, então, a obliquidade da eclíptica:

$$\varphi = 26,9^\circ - 4,1^\circ = 22,8^\circ \text{ que é bem próximo do valor real de } 23,5^\circ.$$

38. Antigamente (antes de cerca de 200 anos atrás), cada local tinha seu próprio meio-dia, definido como o instante em que o Sol alcançava a altura máxima com relação ao horizonte. Nesse instante, neste local, a sombra de uma haste perpendicular ao solo (posicionada verticalmente em relação ao solo):

- A. Tem o menor comprimento do dia, podendo ser nulo (zero), dependendo do local
- B. Tem o maior comprimento do dia, podendo ser infinito
- C. Tem comprimento nulo, independentemente do local

salvar tudo e continuar mais tarde

39. Qual o momento do dia que precisamos para determinar os pontos cardeais através da sombra de uma haste?

- A. Nascer do sol
- B. Pôr do sol
- C. Meio dia solar

salvar tudo e continuar mais tarde

40. O que podemos determinar com o comprimento da sombra do gnômon no solstício de verão e nos equinócios?

- A. Os pontos cardeais
- B. O ângulo de zênite
- C. O ângulo de inclinação do eixo de rotação da terra em relação à eclíptica

salvar tudo e continuar mais tarde

APÊNDICE B – BIBLIOGRAFIA USADA NO PRODUTO EDUCACIONAL

- Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações do ano**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/page&page=estacoesDoAno>. Acesso em 11 jul. 2020.
- NASA Goddard Sapece Flight Center. **The Earth Observatory**. Disponível em https://earthobservatory.nasa.gov/features/Milankovitch/milankovitch_2.php. Acesso em 11 jul. 2020.
- Physical Geography. **Earth-Sun Geometry**. Disponível em <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/6h.html>. Acesso em 11 jul. 2020.
- Animações Astronômicas. **Animações Astronômicas**. Disponível em <http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/anima/index.html>. Acesso em 23 jul. 2020.
- Wikipedia. **Time Zone**. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Time_zone. Acesso em 11 jul. 2020.
- CANALLE, J. B. G. . **O problema do Ensino da Órbita da Terra**. Física na Escola, São Paulo, v. 4, n.2, p. 12-16, 2003.
- Wikipedia. **Solstice**. Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Solstice>. Acesso em 28 jul. 2020.
- COSTA, Ivan Ferreira da; MAROJA, Armando de Mendonça. **Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 40, n. 1, e1501, 2018.
- Brasil Escola. **Relógio de Sol**. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/relogio-sol.htm>. Acesso em 31 jul. de 2020.
- Switch Case. **Como a aparência do analema varia com a latitude**. Disponível em <https://pt.switch-case.com/51865666>. Acesso em 14 jul. 2020.

APÊNDICE C – EXEMPLO DOS ARQUIVOS DE DADOS COLETADOS

```
2020-11-27-15-43-38,  
{  
  "stt_q10_a2": "2020-11-27-15-42-18",  
  "stt_q7_a0": "2020-11-27-15-40-18",  
  "stt_q6_a0": "2020-11-27-15-39-59",  
  "stt_q11_a0": "2020-11-27-15-42-53",  
  "stt_q3_a0": "2020-11-27-15-06-32",  
  "stt_q1_a1": "2020-11-27-14-50-30",  
  "stt_q6_a1": "2020-11-27-15-39-59",  
  "sttEscol": "medio-corrente",  
  "stt_q4_a0": "2020-11-27-15-38-12",  
  "stt_q9_a2": "2020-11-27-15-41-52",  
  "stt_q9_a1": "2020-11-27-15-41-52",  
  "stt_q2_a1": "2020-11-27-15-05-55",  
  "sttUF": "SC",  
  "stt_q4_a1": "2020-11-27-15-38-14",  
  "sttTime": "2020-11-27-15-43-37",  
  "sttUsrCode": "2020-11-27-14-38-52",  
  "stt_q9_a0": "2020-11-27-15-41-53",  
  "stt_q8_a0": "2020-11-27-15-41-08",  
  "stt_q5_a0": "2020-11-27-15-39-37"  
}
```

APÊNDICE D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO

Figura 35 – Cartaz usado na divulgação do produto educacional.



Fonte – Elaborado pela autora (2021).