

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA
VIDA E SAÚDE**

FERNANDO SIQUEIRA DA SILVA

**ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL**

Uruguaiana–RS, Brasil.

2024

FERNANDO SIQUEIRA DA SILVA

**ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra

Uruguaiana–RS, Brasil.

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S363e Siqueira da Silva, Fernando
Ensino de Astronomia Baseado em Modelos para o Ensino Fundamental / Fernando Siqueira da Silva.
360 p.

Tese(Doutorado)-- Universidade Federal do Pampa, DOUTORADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE, 2024.
"Orientação: Carlos Maximiliano Dutra".

1. Ensino de Astronomia. 2. Movimento Diário do Sol. 3. Transposição Didática. 4. Concepções Prévias de Professores. 5. Ensino Baseado em Modelos. I. Título.

FERNANDO SIQUEIRA DA SILVA

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Educação em Ciências.

Dissertação defendida e aprovada em: 15 de julho de 2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra
Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Carlos Alberto de Vasconcelos
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Edward Frederico Castro Pessano
Universidade Federal do Pampa

12/08/2024, 07:49

SEI/UNIPAMPA - 1510062 - SISBI/Folha de Aprovação

Prof. Dr. Robson Luiz Puntel
Universidade Federal do Pampa

Profa. Dra. Eliade Ferreira Lima
Universidade Federal do Pampa



Assinado eletronicamente por **CARLOS MAXIMILIANO DUTRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2024, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ROBSON LUIZ PUNTEL, PROFESSOR MAGISTÉRIO SUPERIOR**, em 06/08/2024, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EDWARD FREDERICO CASTRO PESSANO, PROFESSOR MAGISTÉRIO SUPERIOR**, em 07/08/2024, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ELIADE FERREIRA LIMA, PROFESSOR MAGISTÉRIO SUPERIOR**, em 08/08/2024, às 19:55, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VASCONCELOS, Usuário Externo**, em 10/08/2024, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1510062** e o código CRC **06FBD8A2**.

Dedico este trabalho ao meu estimado pai, Noé Siqueira da Silva, em memória (1944-2011), que apesar das muitas lutas e dificuldades financeiras, tendo concluído o 5º ano, apenas, sempre nos incentivou a estudar, a ter esperança e nunca nos deixou faltar o alimento, o lápis e o caderno.

AGRADECIMENTO

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Francisco Catelli, um grande mestre que foi o principal responsável por me incentivar à cultura científica e inspirar ainda mais o meu gosto pela fascinante Ciência Astronômica.

Sou imensamente grato ao eminente Prof. Dr. Odilon Giovannini Jr. pelas valiosas oportunidades profissionais junto ao planetário inflável do museu de Ciências da UCS e pelo inestimável conhecimento astronômico que generosamente me transmitiu.

Expresso minha sincera e profunda gratidão ao ilustre Prof. Dr. Pedro Antônio Ourique pela amizade, pelos enriquecedores diálogos, pelas proveitosas colaborações e pelas valiosas trocas de experiências na construção de trabalhos para o Ensino de Astronomia.

Agradeço também ao meu orientador de doutorado, Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra, pela oportunidade de aprendizado, pelas inestimáveis sugestões e pelas profícuas parcerias na elaboração de trabalhos para o Ensino de Ciências e Astronomia.

Por fim, agradeço aos membros da Banca, prof. Dr. Carlos Alberto de Vasconcelos, prof. Dr. Edward Frederico Castro Pessano, prof. Dr. Robson Luiz Puntel e prof. Dra. Eliade Ferreira Lima, pelas valiosas contribuições e sugestões que qualificaram este estudo.

Descobrir o desconhecido não é uma especialidade de Simbad, de Érico, o Vermelho, de Copérnico. Não há um único homem que não seja um descobridor. Começa descobrindo o amargo, o salgado, o côncavo, o liso, o áspero, as sete cores do arco e as vinte e tantas letras do alfabeto; passa pelos rostos, pelos mapas, pelos animais e pelos astros, conclui pela dúvida ou pela fé e pela certeza quase absoluta de sua própria ignorância. (Jorge Luís Borges, 1984, p. 2).

RESUMO

A presente pesquisa investigou os desafios do Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental, com foco na temática do Movimento Diário do Sol (MDS) e fenômenos celestes correlacionados. A pesquisa aplicou a Teoria da Transposição Didática para compreender o processo de transformação do saber científico astronômico em saber escolar. O estudo identificou as concepções prévias dos professores sobre tópicos como pontos cardeais, ciclo dia/noite e estações do ano, que representam obstáculos para o ensino efetivo dessas temáticas na Escola. Com base nesse diagnóstico, foram desenvolvidas e implementadas estratégias de ensino apoiadas em modelos concretos, virtuais e simulações, visando promover a aprendizagem dos docentes. A formação continuada com professores desempenhou um papel central na pesquisa, contribuindo para a melhoria da compreensão dos docentes sobre os conceitos astronômicos e o uso de modelos no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados indicaram que o Ensino Baseado em Modelos foi eficaz no desenvolvimento da compreensão dos cursistas sobre o MDS e outros fenômenos astronômicos. A tese apresenta implicações relevantes para a melhoria do Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental, bem como sugestões para futuras pesquisas, como a ampliação do estudo para outros contextos regionais e a investigação do uso de tecnologias digitais no Ensino de Astronomia.

Palavras-Chave: Ensino de Astronomia, Movimento Diário do Sol, Transposição Didática, Concepções Prévias de Professores, Ensino Baseado em Modelos.

RESUMEN

Esta investigación exploró los desafíos de la Enseñanza de Astronomía en la Escuela Primaria, centrándose en el tema del Movimiento Diario del Sol (MDS) y los fenómenos celestes correlacionados. La investigación aplicó la Teoría de la Transposición Didáctica para comprender el proceso de transformación del conocimiento científico astronómico en conocimiento escolar. El estudio identificó las ideas preconcebidas de los profesores sobre temas como los puntos cardinales, el ciclo día/noche y las estaciones, que representan obstáculos para la enseñanza eficaz de estos temas en la escuela. A partir de este diagnóstico, se desarrollaron e implementaron estrategias de enseñanza basadas en modelos y simulaciones virtuales concretas, con el objetivo de promover el aprendizaje docente. La formación continua de docentes jugó un papel central en la investigación, contribuyendo a mejorar la comprensión de los docentes sobre conceptos astronómicos y el uso de modelos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados indicaron que la enseñanza basada en modelos fue eficaz para desarrollar la comprensión de los estudiantes sobre los MDS y otros fenómenos astronómicos. La tesis presenta implicaciones relevantes para mejorar la Enseñanza de la Astronomía en la Escuela Primaria, así como sugerencias para futuras investigaciones, como ampliar el estudio a otros contextos regionales e investigar el uso de tecnologías digitales en la Enseñanza de la Astronomía.

Palabras clave: Enseñanza de Astronomía, Movimiento Diario del Sol, Transposición Didáctica, Concepciones Previas de los Profesores, Enseñanza Basada en Modelos.

ABSTRACT

This research investigated the challenges of Teaching Astronomy in Elementary School, focusing on the theme of the Daily Movement of the Sun (MDS) and correlated celestial phenomena. The research applied the Theory of Didactic Transposition to understand the process of transforming astronomical scientific knowledge into school knowledge. The study identified teachers' preconceptions about topics such as cardinal points, day/night cycle and seasons, which represent obstacles to the effective teaching of these themes at school. Based on this diagnosis, teaching strategies based on concrete, virtual models and simulations were developed and implemented, aiming to promote teacher learning. Continuing teacher training played a central role in the research, contributing to improving teachers' understanding of astronomical concepts and the use of models in the teaching-learning process. The results indicated that Model-Based Teaching was effective in developing students' understanding of MDS and other astronomical phenomena. The thesis presents relevant implications for improving Astronomy Teaching in Elementary School, as well as suggestions for future research, such as expanding the study to other regional contexts and investigating the use of digital technologies in Astronomy Teaching.

Keywords: Teaching Astronomy, Daily Movement of the Sun, Didactic Transposition, Teachers' Previous Conceptions, Model-Based Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografia do Jornal informativo semanal da UCS	22
Figura 2 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol	51
Figura 3 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol	52
Figura 4 - Estações do ano e o desenho da órbita	54
Figura 5 - Órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra	55
Figura 6 - Representação da órbita terrestre nas 4 estações do ano	56
Figura 7 - Esquema do processo (restrito e amplo) do trabalho de transposição didática do saber	82
Figura 8 - Esquema da Noosfera	84
Figura 9 - Representação do sistema didático em relação triádica: P = Professor, E = Estudante, S = Saber ensinado	85
Figura 10 - Estágios da transposição didática de reelaboração de modelos científicos para modelos didáticos	109
Figura 11 - Distintos níveis de aprendizagem baseada em modelos e modelagem	115
Figura 12 - Convite para o curso de formação continuada em Ensino de Astronomia	136
Figura 13 - Estações do ano e o desenho da órbita	148
Figura 14 - Órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra	149
Figura 15 - Modelo bidimensional de planeta Terra	150
Figura 16 - Modelo didático virtual para aprendizagem das cônicas e suas excentricidades	150
Figura 17 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol em livro didático	151
Figura 18 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol	151
Figura 19 - Representação do Sol nascente nos equinócios de outono (21 de março) e primavera (21 de setembro) e nos solstícios de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro) para o Hemisfério Sul.	152
Figura 20 - Esquema sobre o método das sombras iguais	153
Figura 21 - Fotografia do passo 1: professores durante a atividade de fixação de um gnômon (cabo de vassoura) ao solo	154
Figura 22 - Fotografia do passo 2: marcação da sombra da manhã (primeira marcação) e do passo 3: da construção de um círculo passando pela ponta da sombra projetada	155
Figura 23 - Fotografia do passo 4 e 5: Acompanhamento e marcação do movimento da sombra e determinação da bissetriz	155

Figura 24 - Fotografia do passo 6: Determinação da linha que é perpendicular (90°) à linha norte-sul, isto é, determinação da linha leste-oeste	156
Figura 25 - Passo 7: Fotografia da determinação e da marcação dos 4 pontos cardeais (sul, norte, leste, oeste)	156
Figura 26 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data: 16/03/2023. Horário: 19:32:53	158
Figura 27 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data:16/03/2023. Horário: 19:32:53 e 22:30:54	158
Figura 28 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data:16/03/2023. Horários:19:32:53; 22:30:54 e 02:06:34	158
Figura 29 - Cursistas realizando a determinação dos pontos cardeais pelo método do Cruzeiro do Sul	159
Figura 30 - Representação do movimento aparente do Sol nos equinócios de outono e primavera no antigo Egito (Hemisfério Norte), aproximadamente, 21 de setembro e 21 de março	161
Figura 31 - Representação do Sol nascente nos equinócios de outono (21 de março) e primavera (21 de setembro) e nos solstícios de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro) para o Hemisfério Sul.	163
Figura 32 - Representação da sombra solar ao meio-dia solar em Mênfis no Egito ($+30^\circ$), para o primeiro dia indicativo da entrada das estações do ano.	164
Figura 33 - Representação do sistema de coordenadas horizontais	165
Figura 34 - Representação da trajetória anual do Sol na esfera celeste para uma latitude de 0° Macapá–AP (lado esquerdo) e para uma latitude de -30° Uruguaiana–RS (lado direito).	166
Figura 35 - Modelo virtual de esfera celeste e plano do horizonte	168
Figura 36 - Modelo virtual de esfera celeste e plano do horizonte regulado para São Borja-RS	169
Figura 37 - Imagem do programa Stellarium	170
Figura 38 - Construção do modelo concreto do MDS	171
Figura 39 - Modelos didáticos elaborados pelos cursistas	172
Figura 40 - Instruções aos usuários	174
Figura 41 - Modelo virtual regulado para São Borja–RS no solstício de dezembro	175
Figura 42 - Quiz do conhecimento	175
Figura 43 - Calculadora solar da NOAA	177
Figura 44 - Tabela da NOAA para o nascer solar para o ano de 2023	178
Figura 45 - Tabela da NOAA para o pôr solar para o ano de 2023	179
Figura 46 - Carta Solar para uma latitude de 0° (linha do equador)	183
Figura 47 - Modelo concreto para representação da projeção estereográfica do movimento diário do Sol	184
Figura 48 - Modelo virtual para representação da projeção estereográfica do movimento diário do Sol em São Borja–RS no solstício de dezembro (22/12/2023)	185
Figura 49 - Representação da marcação das medidas de altura e azimute às	

10h00min no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiana	187
Figura 50 - Representação da marcação do período de insolação para a janela Norte no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiana	188
Figura 51 - Representação da marcação do período de insolação para a janela sul no dia 23 de fevereiro na carta solar de Uruguaiana	189
Figura 52 - Fotografia das cartas solares dos cursistas e suas respectivas marcações	191
Figura 53 - Fotografia da simulação do solstício de verão no Hemisfério Sul, utilizando um globo e um retroprojektor em sala escura	193
Figura 54 - Fotografia da simulação do solstício de inverno no Hemisfério Sul, utilizando globo e retroprojektor em sala escura	193
Figura 55 - Fotografias da simulação do ciclo dia/noite na sala escurecida	194
Figura 56 - Fotografias dos cursistas durante a entrevista na Escola	195

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Temáticas e conteúdos de Astronomia sugeridos pela BNCC (Brasil, 2018) para o Ensino Fundamental	22
Quadro 2 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 2º Ano do Ensino Fundamental	39
Quadro 3 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 3º Ano do Ensino Fundamental	41
Quadro 4 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 4º Ano do Ensino Fundamental	43
Quadro 5 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 5º e 6º Anos do Ensino Fundamental	45
Quadro 6 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 8º Ano do Ensino Fundamental	47
Quadro 7 - Resumo das atividades do curso	143
Quadro 8 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno em São Borja–RS	178
Quadro 9 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno para Macapá–AP	179
Quadro 10 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno para o Polo Sul	179
Quadro 11 - Principais conceitos de uma carta solar	183

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AP - Estado do Amapá

35ª CRE - 35ª Coordenadoria Regional de Educação

BDTD - Biblioteca Digital de Teses e Dissertações

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

BNC - Formação - Base Nacional Comum para Formação Inicial de Professores

BR - Brasil

CEA - Comissão Especial de Astronomia

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CAS - Calculadora Simbólica

CI - Ciências

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COVID-19 – Corona vírus 19

DMS - Software de Matemática Dinâmica

EaD - Educação a Distância

EDUCAPES - Portal de Objetos Educacionais Abertos

EF - Ensino Fundamental

EJA - Educação de Jovens e Adultos

EM - Ensino Médio

FPS - Fotoprotetor

GNU - *General Public License*

GURI - Gestão Unificada de Recursos Institucionais

HN - Hemisfério Norte

HS - Hemisfério Sul

IES - Instituições de Ensino Superior

IGI - Instituto Internacional GeoGebra

IFFAR - Instituto Federal Farroupilha

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

LD - Livro Didático

MAS - Movimento Aparente do Sol

MBT - *Modelling-Based Teaching*

MDS - Movimento Diário do Sol

MEC - Ministério da Educação
MG - Minas Gerais
MIC - Museu Itinerante de Ciências Naturais
NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*
OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia
OMMCAD - Objeto-Modelo Mecânico Concreto Analógico Didático
PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais
PCS - Polo Celeste Sul
PNA - Plano Nacional de Astronomia
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático
PPG - Programa de Pós-Graduação
PPGCI - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências
PPGECQVS - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
PR - Paraná
PUC - Pontifícia Universidade Católica
RCG - Referencial Curricular Gaúcho
RELEA - Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física
REA - Recurso Educacional Aberto
RIS - Revista Insignare Scientia
RIES - Rede Sulbrasileira de Investigadores da Educação Superior
RN - Rio Grande do Norte
RS - Estado do Rio Grande do Sul
RUV - Radiação Ultravioleta
SAB - Sociedade Astronômica Brasileira
SMED - Secretaria Municipal de Educação
SNEA - Simpósio Nacional de Educação em Astronomia
SP - São Paulo
SOL-AR 6.2 - Programa gráfico para cartas solares
TDIC - Tecnologia Digital de Informação e Comunicação
TIC - Tecnologia de Informação e Comunicação
UCS - Universidade de Caxias do Sul
UI - Unidade Internacional

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

USP - Universidade Federal de São Paulo

UV - Ultravioleta

UVA - Ultravioleta A

UVB - Ultravioleta B

UVC - Ultravioleta C

UK - Universidade de Cambridge

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	16
SUMÁRIO	19
APRESENTAÇÃO	22
1 INTRODUÇÃO	33
1.1 Objetivos de Pesquisa	38
1.1.1 Objetivo Geral	38
1.1.2 Objetivos Específicos	38
2 O ENSINO DA TEMÁTICA DO MOVIMENTO DIÁRIO DO SOL (MDS) SEGUNDO A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC) E O REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO (RCG)	40
2.1 O MDS enquanto objeto de conhecimento no 2º ano do Ensino Fundamental	40
2.2 O MDS e a duração do período diurno no 3º ano do Ensino Fundamental	42
2.3 O MDS e os quatro pontos cardeais no 4º ano do Ensino Fundamental	44
2.4 O MDS e os movimentos de rotação e translação da Terra no 5º e 6º anos do Ensino Fundamental	45
2.5 O MDS e os recursos tecnológicos para representação e simulação nos 5º e 6º anos do Ensino Fundamental	45
2.6 O MDS e as estações do ano no 8º ano do Ensino Fundamental	47
3 O DESAFIO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA E A FORMAÇÃO COM PROFESSORES	49
3.1 Pontos cardeais e o ensino do nascimento e ocaso do Sol	51
3.2 Estações do ano e o problema da representação da órbita terrestre	53
3.3 Ciclo dia/noite: meras repetições a partir dos livros didáticos?	57
3.4 Referencial Topocêntrico/Geocêntrico e Heliocêntrico: dois modelos distintos para conceber os fenômenos celestes	59
3.5 Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental: o saber a ensinar e a formação continuada com professores	62
3.5.1 A formação continuada com professores: o que dizem algumas pesquisas	69
4 A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	80
4.1 Transposição Didática: um amplo trabalho que visa levar o saber da Ciência para a Escola	82
4.2 Noosfera: a camada decisória do saber a ensinar	83
4.3 O sistema didático e o papel do professor na elaboração do saber ensinado	85
4.4 O processo da elaboração didática do saber ensinado	87
5 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: FUNDAMENTOS E MÉTODOS PARA A PRÁTICA EDUCATIVA EM ASTRONOMIA	91
5.1 Desafios do Ensino de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental	93

5.2 Modelos e teorias na produção científica: produtos em processo	96
5.3 Modelos: na visão da história e filosofia da ciência	98
5.4 E os modelos da Ciência seriam os mesmos do Ensino de Ciências?	103
5.4.1 Dos modelos na Ciência aos modelos no Ensino de Ciências: uma mediação entre conceitual e figurativo	105
5.5 Modelos e Modelagem: na visão da psicologia cognitiva	110
5.5.1 Algumas abordagens em Ensino de Ciências envolvendo modelos e modelagem	112
5.5.2 Modelos e modelagem: cinco categorias de abordagens	114
5.5.3 Visualização e Modelagem	116
5.5.4 Criando e representando visualizações	117
5.5.5 Tipos de Representação Externa	117
5.5.6 Representação externa a partir do toque: o gestual e o concreto	118
5.5.7 Representações externas a partir da visão: representações estáticas e dinâmicas	119
5.5.8 Representações externas a partir da fala e da audição	124
5.5.9 O concreto no desenvolvimento da visualização	124
5.5.10 As animações e simulações no desenvolvimento da visualização	124
5.5.11 Analogias e modelagem: conduzindo as atividades de ensino-aprendizagem	125
5.5.12 Sobre analogias e modelos: uma extensa revisão da literatura	126
5.5.13 Ensino de Ciências e o papel das analogias	128
5.5.14 Ensino-aprendizagem em modelagem e a formação de professores	129
5.6 Escola e Saber Ensinado: fundamentos para o sistema didático educativo	131
6 O PROCESSO EXPERIMENTAL	135
6.1 Divulgação e convite para a formação continuada	135
6.2 Pesquisa Básica Qualitativa Explicativa	137
6.3 Encontro 1: O perfil dos professores cursistas e seus conhecimentos prévios	138
6.3.1 Sobre o ensino do movimento diário do Sol	140
6.3.2 Sobre o ensino dos quatro pontos cardeais	141
6.3.3 Sobre o ensino do fenômeno do nascimento e ocaso do Sol	142
6.3.4 Sobre o ensino do ciclo dia/noite	143
6.3.5 Sobre o ensino das quatro estações do ano	144
6.4 Os encontros e as sequências didáticas desenvolvidas	145
6.4.1 Encontro 2: Na Sala de aula para leitura e debate de um texto do saber	148
6.4.2 Encontro 3: No pátio da escola para determinação dos pontos cardeais	150
6.4.3 Encontro 4: Na sala de aula para leitura e debate de texto do saber 2	159
6.4.4 Encontro 5: No laboratório de informática para manipulação e simulação com modelos virtuais dinâmicos	167
6.4.5 Encontro 6: Na sala de aula para construção e exploração do modelo concreto do movimento diário do Sol (modelo concreto do MDS)	170
6.4.6 Encontro 7: Na sala de aula para exploração do modelo virtual para o movimento diário do Sol (modelo virtual do MDS)	173

6.4.7 Encontro 8: Na sala de aula para testagem e comparação das medidas do período diurno, calculadas no modelo concreto, no modelo virtual e no modelo da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	176
6.4.8 Encontro 9: Na sala de aula com cartas solares	182
6.4.9 Encontro 10: Na sala de aula escurecida para simulação das estações do ano e do ciclo dia/noite	192
7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	195
7.1 Sobre o aprendizado do Movimento Diário do Sol (MDS)	196
7.2 Sobre o aprendizado dos quatro pontos cardeais	198
7.3 Sobre o aprendizado do nascimento e ocaso solar	200
7.4 Sobre o aprendizado do ciclo dia/noite	203
7.5 Sobre o aprendizado das estações do ano	205
7.6 Sobre o método de Ensino Baseado em Modelos	208
7.7 Sobre a aplicação do método de Ensino Baseado em Modelos na Escola	210
7.8 Sobre a insolação e o posicionamento ideal de uma casa	213
7.9 Sobre a sombra solar do meio-dia	215
7.10 Sobre a época do ano em que o Sol fica a maior parte do tempo acima do plano do horizonte	216
7.11 Sobre as atividades desenvolvidas durante o curso de formação	218
8 CONCLUSÕES	222
REFERÊNCIAS	226
APÊNDICE A - Questionário de Pesquisa	234
APÊNDICE B - Entrevista de Pesquisa	239
APÊNDICE C - Geometria Solar na Escola: uma prática com cartas solares	241
APÊNDICE D - REA no Ensino do Movimento Diário do Sol	265
APÊNDICE E - O papel social do professor e os desafios da sua formação na educação em ciências	304
APÊNDICE F - Implicações sobre a Exposição Solar em Saúde e Qualidade de Vida de Pós-graduandos em Educação em Ciências	320
APÊNDICE G - Ensino de Astronomia Baseado em Modelos	344
APÊNDICE H - Buscando o Sul: uma possibilidade de prática educativa em astronomia na escola	347

APRESENTAÇÃO

Da Licenciatura, da Iniciação Científica ao Mestrado em Educação

Inicialmente, devo reconhecer que este projeto não nasceu repentinamente e, tampouco, trata-se de um trabalho isolado, exclusivo das ideias de um único sujeito pesquisador-modelizador. Suas ideias decorrem do encontro com a experiência interdisciplinar mais amadurecida que em meados de 2007 tive a oportunidade de experimentar, de vivenciar, como membro de um grupo de pesquisa nas áreas do ensino de física e de astronomia, na Universidade de Caxias do Sul (UCS), enquanto estudava licenciatura em matemática.

Na ocasião, durante os dois últimos anos da graduação, fui também bolsista de iniciação científica (bolsa CNPq), convivendo e aprendendo com o grupo por meio de diálogos, colaborações, invenções, dentre outras trocas: desenvolvendo trabalhos acadêmicos para o ensino de física e de astronomia; além disso, atuei como monitor de ciências, realizando apresentações sobre temas de astronomia junto ao planetário inflável do Museu Itinerante de Ciências Naturais (MIC) da UCS, prestando atendimento à rede escolar básica de Caxias do Sul e região (Figura 1).

Figura 1 - Fotografia do Jornal informativo semanal da UCS.



Notícia sobre o planetário inflável. Na foto estão eu, Fernando Siqueira da Silva, Leonardo Turmina e Pedro A. Ourique, bolsistas e monitores das sessões do planetário, durante a visita de uma turma do 3.º ano do Ensino Fundamental.

Fonte: Ramos, Jonas. Atos & Fatos. Informe semanal da UCS – junho de 2008 – n.º 763

A partir dessa experiência com o grupo de pesquisadores, mediante um desafio que me foi dado, surgiu meu objeto de investigação no mestrado: o

movimento aparente do Sol ou, alternativamente, o movimento diário que o Sol faz no céu ao longo do ano: temática que vem evoluindo com a pesquisa de tese de doutorado, com algumas publicações recentes a esse respeito (Silva; Catelli; Dutra, 2021; Silva *et al.*, 2022; Silva; Ourique, 2023a; Silva; Ourique, 2023b; Silva; Franco; Dutra, 2024. no prelo).

Conforme sabemos, o movimento aparente do Sol aparece como um “Objeto de Conhecimento” da Unidade Temática: “Terra e Universo”, destinado à área das Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, previsto pela Base Nacional Comum Curricular - BNCC - (Brasil, 2018) a ser inicialmente ensinado no 2.º ano do Ensino Fundamental, porém, devendo também ser trabalhado nos demais anos escolares, dos anos iniciais aos anos finais, no desenvolvimento de diversas habilidades (Silva; Catelli; Dutra, 2021), conforme sistematizado no Quadro 1:

Quadro 1 - Temáticas e conteúdos de Astronomia sugeridos pela BNCC (Brasil, 2018) para o Ensino Fundamental

Quadro 1: Ciências no 2º ano do Ensino Fundamental (Adaptado de [2, p. 334–5]).		
Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Movimento aparente do Sol no céu¹	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada.

Quadro 2: Ciências no 3º ano do Ensino Fundamental (Adaptado de [2, p. 336–7]).		
Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Observação do céu	(EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.

Quadro 3: Ciências no 4º ano do Ensino Fundamental (Adaptado de [2, p. 338–9]).		
Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Pontos cardeais	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon).
	Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola.

Quadro 4: Ciências no 5º e 6º anos do Ensino Fundamental (Adaptado de [2, p. 340–5]).		
Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Constelações e mapas celestes	(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.
	Movimento de rotação da Terra	(EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.
Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	

Quadro 5: Ciências no 8º ano do Ensino Fundamental (Adaptado de [2, p. 349]).		
Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua	(EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.
	Clima	

Fonte: Adaptado de Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 2-3).

Portanto, o movimento diário que o Sol descreve no céu ao longo do ano é um saber a ser ensinado - “saber a ensinar” (Chevallard, 2005) - no Ensino Fundamental (Brasil, 2008; Rio Grande do Sul, 2008), com distintas abordagens entre os anos escolares (exceto, entre os 7º e 9º anos, a temática não é sugerida). Esse é um saber que há quase 25 anos também é sugerido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998) a fazer parte do currículo escolar brasileiro (Langhi, 2004).

O Mestrado em Educação

Foi a partir dessa experiência na iniciação científica junto ao grupo de pesquisa que, logo após a conclusão da licenciatura em Matemática (UCS, 2009), chamei uma vaga no mestrado em Educação da UCS. Defendi a dissertação intitulada: “Objetos-modelo no Ensino de Astronomia e o Processo da Transposição Didática” (Silva, 2011), desenvolvida na linha de pesquisa: Epistemologia e Linguagem.

Esta pesquisa nos permitiu inferir sobre as potencialidades de se trabalhar com atividades práticas de elaboração, construção e utilização de modelos para a compreensão da realidade (fatos, coisas, fenômenos) - conclusões a que chegamos após a interação com modelos, com um grupo de estudantes do último ano do Ensino Médio. Naquele momento, testamos a primeira versão do nosso modelo didático, intitulado: “Um modelo para o movimento anual do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica”, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Silva; Catelli; Giovannini, 2010).

A pesquisa no Mestrado: foi um primeiro trabalho nesse processo de transposição didática *Stricto Sensu*

O Mestrado foi um primeiro trabalho no processo de transposição didática *Stricto Sensu*, um trabalho mais restrito, onde buscamos transpor um saber da Astronomia (saber sábio) para o Ensino de Astronomia (saber a ensinar). Foi a partir dessa pesquisa (Silva, 2011) que conseguimos confirmar que o nosso modelo didático (Silva; Catelli; Giovannini, 2010) era então um modelo adequado, podendo ser considerado um objeto de “saber a ensinar” (Chevallard, 2005) pois, além de

conservar alguns elementos de “saber sábio” (Chevallard, 2005), possibilitou que as aprendizagens dos estudantes fossem desenvolvidas e aprimoradas.

Assim, com a pesquisa de mestrado e o conseqüente amadurecimento conceitual em relação aos modelos, contribuimos com alguns trabalhos para o Ensino de Ciências e para o Ensino de Astronomia; trabalhos que foram só recentemente publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física (R.B.E.F.). O primeiro artigo tratando sobre a noção de modelo na Ciência, intitulado: “**Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica**” (Silva; Catelli, 2019), e o segundo sobre os modelos no Ensino de Ciências, intitulado: “**Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD)**” (Silva; Catelli, 2020). Acreditamos que estes textos trazem contribuições epistemológicas e metodológicas importantes sobre as noções de modelo na Ciência e no Ensino de Ciências. Além disso, trazerem modelos situados na instância dos objetos de “saber a ensinar”, que também estarão sendo considerados nessa pesquisa de tese, juntamente de outros modelos (concretos e virtuais), a fim contribuir com o ensino-aprendizagem dos professores de Ciências do Ensino Fundamental.

A pesquisa no Doutorado: foi um segundo trabalho nesse processo de transposição didática *Lato Sensu*

Um segundo trabalho desenvolvido nesta pesquisa de tese considerou o sentido mais amplo da teoria: a transposição didática *Lato Sensu*, onde avaliamos o saber do movimento diário do Sol (MDS) a partir de sua transposição do Ensino de Astronomia para o Ensino Escolar - “transposição didática interna” (Chevallard, 2005), aplicado com professores de ciências do ensino fundamental.

Analisamos a transposição desse saber, sugerido pelos documentos oficiais (Brasil, 2018; Rio Grande do Sul, 2018) como parte do currículo escolar: um saber que também está presente nas publicações em revistas de ensino, em materiais de ensino, para um novo formato, para que, quem sabe, venha fazer parte do “saber ensinado” ou, alternativamente, saber escolar (Chevallard, 2005) pelos professores.

Ressaltamos que, na transposição didática *Lato Sensu*, o trabalho do professor é essencial, pois é a partir do trabalho de elaboração didática do “saber a

ensinar” que, por fim, resultará no “saber ensinado” em sala de aula (Chevallard, 2005).

O ingresso no Doutorado: a realização de um sonho

A realização dessa pesquisa de tese em uma Universidade pública, gratuita, democrática e de qualidade e, ainda mais, dando continuidade ao trabalho com modelos e com o processo da transposição didática, sem dúvida, é estar realizando um sonho. Sonho que encaro com muita responsabilidade, pois é chegado o momento de compartilhar essas aprendizagens que tive, que continuo desenvolvendo e aprofundando, com os professores de Ciências do Fundamental, por meio da oferta de um curso de formação continuada.

Compromissos de um doutorando

Devo considerar que, enquanto doutorando, assumi importantes compromissos, dentre os quais, contribuir com as finalidades do meu PPGEQVS, programa multidisciplinar inserido na área 46 (Ensino), dentre as 49 áreas de avaliação da CAPES. A área de Ensino visa promover o trânsito entre Ciência Básica e Aplicação do Conhecimento Produzido, e algumas de suas principais finalidades compreendem a produção de materiais didáticos, a divulgação científica, o desenvolvimento de programas educacionais e a formação de professores, em todos os níveis educacionais (CAPES, 2019).

Assim, com as disciplinas do curso de doutorado, desenvolvi, junto do orientador, cerca de 6 trabalhos acadêmicos, entre eles, artigos, capítulos de livro, modelos digitais, carta pedagógica, resumo expandido e apresentação em congressos.

No que tange à formação continuada com professores no Ensino de Astronomia, considero importante mencionar uma das motivações para a realização deste curso e deste estudo, seguindo a recomendação do Plano Nacional de Astronomia (PNA) de 2010, conforme Comissão Especial de Astronomia (CEA) (Brasil, 2010, p. 2), que em seu relatório preliminar sobre a “Formação de Recursos Humanos e Ensino de Astronomia” traz o seguinte parecer: “Os cursos de formação continuada de professores do ensino fundamental devem ser incentivados a ocorrer

em todas as regiões geográficas do país com o devido apoio formal das instituições fomentadoras”.

Por fim, na direção do que sugerem os documentos oficiais, com relação à aprendizagem dos conteúdos ou temas de astronomia: Base Nacional Comum Curricular - BNCC - (Brasil, 2018); Referencial Curricular Gaúcho - RCG - (Rio Grande do Sul, 2018) e alguns especialistas e educadores em Astronomia, assumimos o compromisso de desenvolver com os professores de ciências do Ensino Fundamental um conjunto de atividades práticas baseada em modelos, a fim de auxiliar na compreensão e aprendizado da temática do movimento diário do Sol (MDS) e alguns fenômenos celestes correlacionados, entre os quais: nascimento e ocaso solar; ciclo dia/noite e estações do ano, a partir de dois tipos de referenciais: o topocêntrico/geocêntrico e o heliocêntrico.

Trabalhos desenvolvidos ao longo do doutorado

A partir do aprendizado oportunizado pelas disciplinas do doutorado, a nossa contribuição com o saber a ensinar no Ensino de Astronomia ocorreu através das seguintes publicações:

- 1) Geometria Solar na Escola: uma prática com Cartas Solares**
Artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física - R.B.E.F. - Qualis Capes A1 no Ensino. Disponível no apêndice C.
- 2) REA no Ensino de Astronomia**
Capítulo de livro eletrônico publicado em *e-book* organizado por docentes do PPGECQVS. Disponível no apêndice D.
- 3) O papel social do professor e os desafios da sua formação na educação em ciências**
Ensaio teórico a ser publicado na Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências. Aceito para publicação. No prelo. Qualis Capes A2 no Ensino. Disponível no apêndice E.
- 4) Implicações sobre a Exposição Solar em Saúde e Qualidade de Vida de Pós-graduandos em Educação em Ciências**

Manuscrito enviado para a publicação na Revista Insignare Scientia - RIS - Qualis Capes A4 no Ensino. Situação: sob avaliação dos pares. Disponível no apêndice F.

5) **Ensino de Astronomia Baseado em Modelos**

Modelos virtuais desenvolvidos no software Geogebra. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>. Foram desenvolvidos nove artefatos do conhecimento (virtuais) elaborados para auxiliar no ensino-aprendizagem da temática do movimento diário do Sol. Situação: aguardando liberação do site da EDUCAPES para submissão do material em seu repositório. Disponível no apêndice G.

6) **Buscando o Sul: uma possibilidade de prática educativa em astronomia na escola**

Carta pedagógica aceita para publicação no X Encontro Ibero-Americano de Coletivos e Redes de Educadoras e Educadores a ser realizado na cidade de Salta, Argentina, entre os dias 5 e 10 de agosto de 2024. O trabalho passou por avaliação em duas etapas, nacional e internacional, e foi aceito para apresentação e publicação nos anais do evento internacional.

Assim, obedecendo e seguindo a todas as exigências estabelecidas pelo Art. 75 do regimento interno do PPGEQVS, que fala sobre o regramento para o processo de abertura de defesa tese de doutorado, especialmente no que se refere o inciso III, informamos que: tivemos 1 artigo publicado em uma revista com Qualis Capes A1 no Ensino: **Geometria Solar na Escola: uma prática com Cartas Solares**, e outro aceito para publicação em uma revista com Qualis Capes A2 no Ensino: **O papel social do professor e os desafios da sua formação na educação em ciências**, ambos os trabalhos vinculados à tese e de autoria própria e com coautoria do orientador. Trabalhos disponíveis na íntegra nos apêndices C e E.

Art. 75 - Para solicitar a abertura do processo de defesa da tese de doutorado, o(a) discente deverá cumprir as seguintes exigências:

- I. Apresentar proficiência em uma segunda língua estrangeira além da língua inglesa;
- II. Ter completado os créditos em disciplinas exigidas pelo regulamento interno do PPGECQVS;
- III. Ter, no mínimo, 1 (um) artigo aceito para publicação e 1 (um) artigo que pode ser submetido após a defesa da tese, ambos como primeiro autor, e em periódico com qualificação nos 4 (quatro) estratos superiores na área de Ensino, avaliado pelo Qualis CAPES;
- IV. Os artigos devem ser vinculados a tese e em coautoria com o orientador;
- V. Ter seu projeto de tese aprovado no exame de qualificação.

Esta pesquisa de tese de doutorado está dividida em 7 seções:

1ª Seção: Introdução. Nesta seção apresentamos a problemática da temática astronômica em estudo e os objetivos gerais e específicos da pesquisa. A problemática central da pesquisa está relacionada à compreensão dos desafios enfrentados no Ensino de Astronomia, especialmente no que diz respeito às concepções alternativas e à formação de professores, bem como à investigação de estratégias didáticas, como o uso de modelos e analogias, para o ensino dessa temática na Escola.

2ª Seção: O Ensino da Temática do Movimento Diário do Sol (MDS) segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Referencial Curricular Gaúcho (RCG). Nesta seção analisamos como o MDS deve ser abordado nos diferentes anos do Ensino Fundamental, conforme normatizado pelas diretrizes curriculares, nacional e estadual. Assim, no 2º ano, o foco deve ser o reconhecimento da posição e do movimento diário do Sol ao longo do dia. No 3º ano, a ênfase deve ser na observação da variação da duração do dia ao longo do ano. No 4º ano, a identificação dos pontos cardeais e a observação da posição do Sol devem ser trabalhadas. Nos 5º e 6º anos, a explicação dos movimentos de rotação e translação da Terra precisa ser abordada, através do uso de modelos e

simulações. No 8º ano, a relação entre a inclinação do eixo terrestre e as estações do ano deve ser explorada. Essa análise detalhada das orientações curriculares serve de base para a pesquisa sobre os desafios do Ensino de Astronomia.

3ª Seção: O Desafio das Concepções Prévias no Ensino de Astronomia e a Formação com Professores. Nesta seção são discutidas as dificuldades relacionadas às concepções alternativas dos alunos e professores sobre conteúdos e temáticas de Astronomia e a importância da formação continuada de professores. São discutidas as dificuldades encontradas no ensino de tópicos como: pontos cardeais; nascimento/ocaso do Sol; representação da órbita terrestre; estações do ano; ciclo dia/noite, bem como a compreensão destes tópicos a partir de diferentes referenciais: topocêntrico/geocêntrico e heliocêntrico. Destacamos a necessidade de uma formação continuada de professores para superar essas concepções alternativas e aprimorar o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental, evidenciando a relevância do saber a ensinar e da sua transposição para o saber ensinado.

4ª Seção: A Teoria da Transposição Didática. Nesta seção apresentamos os principais fundamentos teóricos da teoria da transposição didática. O conceito central é o processo de transformação do saber científico, ou "saber sábio" em "saber a ensinar" e deste, em "saber ensinado" na Escola. Esse amplo trabalho visa levar o conhecimento científico para o ambiente escolar, levando em consideração aspectos sociais, políticos e epistemológicos. A "noosfera" é destacada como a camada decisória responsável por determinar o saber a ensinar, envolvendo diversos atores como professores, especialistas e formuladores de políticas educacionais. O papel do professor também é explorado, considerando-o como parte do sistema didático composto por alunos, professor e o saber ensinado. A seção detalha as etapas e desafios desse processo de elaboração didática, em que o saber sábio é transformado em um saber ensinável e, portanto, adaptado à realidade escolar.

5ª Seção: O Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: Fundamentos e Métodos para a Prática Educativa em Astronomia. Nesta seção abordamos os fundamentos e métodos relacionados ao Ensino de Ciências no Ensino Fundamental, com enfoque na prática educativa em Astronomia. Inicialmente, são discutidos os principais desafios enfrentados no ensino de Ciências Naturais. Em seguida, exploramos a importância dos modelos e teorias na produção científica,

considerando-os como produtos em constante evolução. Na sequência, apresentamos uma perspectiva da história e filosofia da ciência, destacando o papel dos modelos na construção do conhecimento científico e suas relações com a prática educativa. Posteriormente, examinamos as aproximações e diferenças entre os modelos utilizados na Ciência e aqueles empregados no Ensino de Ciências. Ainda, a visão da psicologia cognitiva é abordada, explorando as diversas abordagens envolvendo modelos, modelagem, visualização e o uso de diferentes representações externas. Por fim, aprofundamos a discussão sobre o papel das analogias e da modelagem no processo de ensino-aprendizagem em Ciências.

6ª Seção: O Processo Experimental. Nesta seção descrevemos a pesquisa qualitativa realizada, incluindo a formação continuada de professores e as sequências didáticas desenvolvidas. Trata-se de uma pesquisa básica de abordagem qualitativa e caráter explicativo. Inicialmente, realizamos uma visita à 35ª Coordenadoria Regional de Educação (35ª CRE) e a Secretaria Municipal de Educação (SME) para divulgação e convite do curso de formação continuada com professores. Após, realizado a inscrição dos professores interessados e visando investigar os seus conhecimentos prévios sobre práticas relacionadas ao ensino de conteúdos ou temáticas de Astronomia na escola, aplicamos um questionário com perguntas abertas sobre, especialmente, o Movimento Diário do Sol, os pontos cardeais, o nascimento e ocaso do Sol, o ciclo dia/noite e as estações do ano. Durante a formação, foram desenvolvidas diversas sequências didáticas envolvendo atividades em sala de aula, no pátio da escola, no laboratório de informática e em outros espaços das instituições parceiras. Essas atividades incluíram leitura e debates de textos, determinação dos pontos cardeais, manipulação e simulação com modelos virtuais dinâmicos, construção e exploração de modelos concretos do MDS, comparação de medições e utilização de cartas solares, entre outras estratégias de ensino baseadas em modelos.

7ª Seção: Análise e Discussão dos Resultados. Nesta seção apresentamos a análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa. Ao final das atividades, os participantes responderam individualmente a uma entrevista semiestruturada. Os principais aspectos abordados, nesta entrevista, incluem a aprendizagem dos professores cursistas sobre os conteúdos e temáticas de Astronomia, como o movimento diário do sol, os quatro pontos cardeais, o nascimento e ocaso do Sol, o ciclo dia/noite e as estações do ano. Além disso,

analisamos a eficácia do método de Ensino Baseado em Modelos aplicado durante a formação continuada, discutindo os benefícios e desafios dessa abordagem na prática educativa. Outros tópicos abordados incluem a compreensão dos professores sobre a insolação e o posicionamento ideal de uma casa, a sombra solar do meio-dia e a época do ano em que o Sol fica a maior parte do tempo acima do plano do horizonte. Essa análise detalhada dos resultados permitiu-nos avaliar o impacto da formação e das estratégias didáticas utilizadas no aprendizado dos docentes sobre os temas e conceitos de Astronomia investigados.

8ª Seção: Conclusão. Nesta seção apresentamos as principais conclusões a que chegamos nesta pesquisa. Uma delas é a de que o uso de modelos concretos e virtuais desempenhou um papel fundamental na aprendizagem e aprofundamento da compreensão dos professores cursistas sobre a temática astronômica estudada, principalmente em relação ao movimento diário do Sol; pontos cardeais; ciclo dia/noite e estações do ano.

1 INTRODUÇÃO

Partimos da constatação da existência de inúmeras pesquisas em Ensino de Astronomia que há algum tempo vêm demonstrando que os alunos e os professores da Educação Básica trazem para a Escola suas concepções prévias a respeito do Universo e do Sistema Solar (Silva; Catelli, 2020, p.1). Trata-se de ideias de senso comum bastante enraizadas e resistentes a mudanças, normalmente em desacordo com as concepções científicas (Langhi, 2011).

Acredita-se que, dentre as várias causas para a permanência destas ideias de senso comum, uma delas está correlacionada à carência de materiais didáticos especializados. Existe uma percepção comum entre alguns pesquisadores de que os livros didáticos de ciências e geografia, geralmente a fonte mais utilizada nas escolas para abordar essa temática, apresentam problemas conceituais e de representação, mesmo após passar por renovações e melhorias pelo Ministério da Educação (Langhi; Nardi, 2007; Sobreira, 2010), aparecendo como um material didático insuficiente para o Ensino de Astronomia (Langhi, 2011; Langhi; Nardi, 2007; Paula; Oliveira, 2002, *online*; Silva, 2011; Silva; Catelli, 2020; Sobreira, 2010).

Em um estudo anterior, desenvolvido com 11 alunos do 3º ano do Ensino Médio, buscando identificar as ideias de senso comum com relação à temática do movimento aparente do Sol, Silva (2011) percebeu que uma boa parcela das concepções que surgiram estava relacionada às aprendizagens desenvolvidas no Ensino Fundamental, com seus ex-professores, fundamentadas em representações inapropriadas presente em livros didáticos. Citando um exemplo, o caso do aluno Rob:

*Isso aqui... [com o modelo do MAS em mãos] mudou totalmente o meu conceito. **Eu botei** [no questionário] **que o Sol nascia sempre ao leste como eu aprendi na terceira ou quarta série através daquele desenhinho de como se orientar: o Sol nasce sempre ao leste** então estica o braço direito ao leste, então a frente é o Norte, as costas o Sul e a esquerda o Oeste... [sempre fazendo gestos com os braços, apontando para as diferentes direções]. Isso eu tinha como fixo... Tipo... Então o Sol ia nascer sempre ali [no Leste] então. Tinha fixo pra mim e agora isso mudou... tipo... lá no planetário também deu para perceber isso (Rob). (Silva, 2011, p. 73. Grifo nosso).*

Estas são representações que há algum tempo parecem vir sustentando algumas crenças comuns compartilhadas, entre alunos e professores, de que o

nascimento do Sol ocorre “sempre” no ponto cardeal leste, durante todos os dias do ano. Conforme Silva (2011, p. 143) outra crença bastante enraizada é a de que a principal causa das estações do ano se deve a maior ou menor aproximação entre o Sol e a Terra. Esse foi o caso da aluna Pri: “*As estações do ano ocorrem devido ao afastamento ou aproximação da Terra ao Sol (Pri)*”.

Além disso, o pesquisador (Silva, 2011, p. 131) verificou que alguns estudantes não compreendiam o funcionamento do ciclo dia/noite, não entendiam sobre a duração do período diurno, em sua região. No caso de Rob: “*Não muda [o tempo de duração], a única coisa que muda é o horário que o sol nascerá e que se ponha dependendo da estação do ano (Rob)*”.

Assim, concordando com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) sobre a necessidade da superação das insuficiências do livro didático, neste caso, com relação à temática astronômica do movimento aparente do Sol ao longo do ano, os pesquisadores (Silva; Catelli, 2020) sugeriram a utilização de um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático - OMMCAD. Uma categoria de modelo didático fundamentado na epistemologia Bungeana dos modelos (Bunge, 1974) e na didática das ciências (Galagovsky; Adúriz-Bravo, 2001; Adúriz-Bravo; Morales, 2002). Um objeto-modelo elaborado para auxiliar no ensino-aprendizagem da temática astronômica do: a) movimento diário do Sol (MDS); b) das diferentes direções do nascimento do Sol ao longo do ano e; c) da duração aproximada do período diurno/noturno, para qualquer região da Terra. Um tipo de modelo concreto submetido ao processo da transposição didática (Chevallard, 2005) o qual recolheu alguns elementos da Astronomia (“saber sábio”) para o Ensino de Astronomia (“saber a ensinar”) podendo ser utilizado como um material suplementar ao livro didático, auxiliando os professores do Ensino Fundamental na compreensão, na explicação e na previsão de alguns fenômenos naturais.

A pesquisa com os alunos do Ensino Médio trouxe-nos indícios importantes de que o método de modelização (Le Moigne, 1977), baseado na construção, elaboração e utilização de objetos-modelo didáticos, permitiu a modificação das suas concepções de senso comum. Apenas para citar um exemplo, os estudantes aprenderam que o Sol nasce, sim, no ponto cardeal leste e tem seu ocaso no ponto cardeal oeste, mas apenas em dois dias do ano, nos equinócios de outono e primavera, aproximadamente entre os dias 21 de março e 21 de setembro, respectivamente; portanto, diferindo daquele aprendizado que tiveram na escola, isto

é, de que o Sol nasceria sempre no ponto cardeal leste em todas as estações do ano. Esta compreensão nos parece fruto de um aprendizado inadequado reforçado pelas representações, desenhos, dos livros didáticos utilizados pelos seus ex-professores (Silva, 2011; Silva; Catelli, 2020).

A aposta na modelização ou na ação de representar fenômenos por meio de modelos tem sido um método de ensino-aprendizagem criativo e inovador. Tem sido visto como propulsor de uma educação científica escolar, conforme a visão de educadores em ciências de vários países: França, Argentina, Brasil (Silva; Catelli, 2020), pesquisadores internacionais que trabalham na construção, elaboração e na confecção de modelos didáticos para o ensino de Ciências Naturais, em uma conceituação muito próxima daquela que nos baseamos, fundamentada na epistemologia Bungeana dos modelos, do filósofo da ciência Mario Bunge (1974). Em sua teoria do conhecimento, este filósofo compreende os modelos como potentes formas de representação idealizada e abstrata da realidade e não a realidade em si, com a qual nunca pode ser confundido. Uma concepção de objeto-modelo enquanto um objeto de mediação entre as teorias e a realidade, algumas vezes servindo como um objeto de confirmação empírica das teorias, outras vezes como um objeto que opera na construção de novas teorias.

Entretanto, além dessas contribuições da filosofia da ciência sobre a noção de modelo e de modelização, enquanto uma ação de representação ou de conhecimento baseada na construção, elaboração e utilização de modelos, interessa-nos também trazer para esta pesquisa de tese as contribuições da psicologia cognitiva, sobre as noções de modelos e modelagem. Esta é uma área do conhecimento que considera também os modelos a partir dos processos internos ou mentais dos sujeitos, isto é, a partir de modelos mentais: representações analógicas que os indivíduos desenvolvem por meio do estabelecimento de relações de semelhança com os objetos percebidos no mundo externo (Moreira; Greca, 2004; Moreira, 2005). Estas seriam, portanto, representações internas (na mente) que podem ser desenvolvidas e aprimoradas com auxílio de representações externas (públicas): resultado dos modelos mentais quando assumem alguma forma de representação estática ou dinâmica. Além disso, trazem a importância do papel da analogia na construção de modelos (internos e externos) e nos processos de comunicação e de raciocínio humano (Gilbert; Justi, 2016).

Nesse sentido, trabalhar com o Ensino Baseado em Modelos - *Model-Based Teaching* - na escola requer, de um lado, uma compreensão sobre: o que é um modelo; qual é a diferença entre um modelo científico e um modelo didático; e qual é a função dos modelos na Ciência; e, principalmente, a relação entre modelos, teorias e realidade. Na ciência, são os modelos científicos que emprestam parte de sua estrutura e de sua epistemologia aos modelos didáticos, que por sua vez, devem aparecer contendo um menor número de variáveis, aparecendo ainda com uma nova estrutura, com uma nova linguagem, mais parecida com a utilizada pelos alunos mais iniciantes. Os modelos científicos precisam passar então pelo crivo da transposição didática antes de se transformarem em modelos didáticos (Galagovsky; Adúriz-Bravo, 2001; Adúriz-Bravo; Morales, 2002).

Portanto, essas são duas visões de modelo complementares, que acreditamos poderão contribuir com o Ensino de Astronomia: uma visão da filosofia da ciência e outra da psicologia cognitiva, nos permitem conceber os modelos não apenas como representações hipotéticas da realidade (Bunge, 1974) mas também como artefatos do conhecimento humano (Gilbert; Justi, 2016), ou ainda, produtos do conhecimento científico humano (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018), sempre em processo, utilizados para, entre outras coisas: representar, explicar, compreender, comunicar, raciocinar e fazer previsões sobre alguns aspectos dos objetos, entidades, coisas, fatos, fenômenos que concebemos no mundo.

Nessa pesquisa, apoiamo-nos ainda na teoria da Transposição Didática, do francês Yves Chevallard (2005), que defendeu que existem três instâncias elaborativas as quais um determinado objeto de saber percorre antes de se transformar em um objeto de ensino, isto é, antes de se transformar em um saber escolarizado: teoria que o didata francês desenvolveu para pensar os objetos matemáticos, a qual em analogia tomamos emprestada para pensar os objetos astronômicos. O processo de transposição didática de um saber (científico) desenvolve-se em três instâncias ou três esferas de saber: “Saber Sábio” - “Saber a Ensinar” - “Saber Ensinado”.

Chevallard utilizou o termo “saber sábio” para falar da primeira instância elaborativa do saber, designando o momento da sua primeira publicação, o local da sua origem ou surgimento na Ciência.

A segunda instância de saber foi denominada “saber a ensinar”, para falar da instância de um novo saber, oriundo do saber sábio que lhe deu origem, porém,

agora, um saber com uma nova linguagem, com uma nova estrutura, elaborado pelos pesquisadores e especialistas para os fins do ensino-aprendizagem. Saber a ensinar, em outras palavras, seria o saber legalmente posto no currículo escolar, em programas de ensino, publicado em revistas especializadas em ensino, em materiais didáticos que se destinam ao ensino, entre outros.

Por fim, a última instância de saber, “saber ensinado”, entende-se como aquele saber elaborado pelo professor escolar para lecionar aos seus alunos, preparado com base no saber a ensinar, no saber que normalmente foi desenvolvido pelos pesquisadores, educadores, especialistas; geralmente, os principais responsáveis pela elaboração dos materiais que são destinados ao Ensino (Chevallard, 2005, p. 45).

Em nossa pesquisa (Silva, 2011) anteriormente realizada com alunos do último ano do Ensino Médio, trabalhamos na teoria em sentido mais restrito, na transposição didática **Stricto Sensu**, isto é, trabalhamos na elaboração de um saber preciso em uma forma didática desse saber. Começamos analisando a temática astronômica do: a) movimento diário do Sol, b) nascimento do Sol ao longo do ano e c) período diurno/noturno e desenvolvemos um método de ensino-aprendizagem baseado em objetos-modelos concretos para o Ensino de Ciências, para o Ensino de Astronomia.

Agora, a pesquisa do mestrado está sendo ampliada, sendo trabalhada nesta pesquisa de doutorado em sentido mais amplo da teoria, na transposição didática **Lato Sensu**, isto é, devendo ser pensada do ponto de vista da sua transposição do Ensino de Astronomia para a Escola, no formato de um saber escolar. Assim, esperamos estar contribuindo com o “trabalho interno” de transposição didática, auxiliando na transposição de elementos da instância do “saber a ensinar” para a instância do “saber ensinado” ou saber escolar, a ser elaborado didaticamente pelo professor para ensinar os seus alunos em sala de aula.

A escolha por professores de Ciências do Ensino Fundamental da rede pública estadual e municipal de São Borja–RS, para participar desta pesquisa, justifica-se pelo fato de que esses profissionais devem trabalhar com os objetos do saber astronômico na escola, desde os anos iniciais até os anos finais do Ensino Fundamental, conforme normatizado pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) e pelo Referencial Curricular Gaúcho (Rio Grande do Sul, 2018). Além disso, os professores escolares são os principais agentes deste trabalho mais amplo do

processo de transposição didática, os responsáveis pelo processo de ensino-aprendizagem do saber escolar.

A metodologia da pesquisa foi dividida em três partes: inicialmente, os professores de ciências do Ensino Fundamental inscritos no curso de formação continuada foram submetidos a um questionário de perguntas abertas para traçarmos o seu perfil e identificarmos algumas de suas principais ideias e concepções prévias a respeito da temática astronômica em estudo. Depois, para o desenvolvimento do processo experimental de ensino-aprendizagem, nos baseamos na abordagem temática para desenvolvermos algumas sequências didáticas fundamentadas nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2016). Ao final das sequências didáticas desenvolvidas, os professores cursistas foram entrevistados, individualmente, cada um em sua escola, para identificarmos as suas aprendizagens.

A partir dessa contextualização, vem nosso problema de pesquisa.

Problema de pesquisa:

A formação pedagógica fundamentada em um Ensino Baseado em Modelos (concretos e virtuais) poderá ressignificar o saber ensinado pelos professores?

1.1 Objetivos de Pesquisa

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade do ensino da temática astronômica do movimento diário do Sol (MDS) no Ensino Fundamental no município de São Borja–RS, através do Ensino Baseado em Modelos - *Model-Based Teaching*.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar as concepções prévias de professores em relação à temática do movimento diário do Sol e compará-las com aquelas encontradas na literatura da área a fim de conhecê-las e também transformá-las.

2. Propor sequências didáticas Baseadas em Modelos a fim de auxiliar no ensino-aprendizagem da temática astronômica.

3. Investigar as concepções dos professores, após a realização das atividades, a fim de perceber a viabilidade do uso de modelos em sala de aula.

2 O ENSINO DA TEMÁTICA DO MOVIMENTO DIÁRIO DO SOL (MDS) SEGUNDO A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC) E O REFERENCIAL CURRICULAR GAÚCHO (RCG)

A Base Nacional Comum Curricular - BNCC - (Brasil, 2018) e o Referencial Curricular Gaúcho - RCG - (Rio Grande do Sul, 2018) são exemplos de documentos normativos norteadores dos currículos escolares. Eles possuem um papel de destaque e de poder na chamada “noosfera” (Chevallard, 2005). A BNCC é o principal documento curricular da educação escolar brasileira e visa definir o “conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” em todo o país (Brasil, 2018, p. 5). Trata-se de um documento erigido para todo o território nacional, enquanto o RCG é resultado de uma política educacional fundamentada nas diretrizes da BNCC, que de modo colaborativo considera o Território, as subjetividades formativas e as características locais, exercendo a regulamentação do ensino público e privado no Estado do Rio Grande do Sul. É um documento elaborado no nível estadual (Rio Grande do Sul, 2018).

Perguntamo-nos: como a temática do movimento diário do Sol (MDS) e fenômenos celestes correlacionados estão sugeridos nesses documentos curriculares oficiais?

Descobrimos que essas são temáticas indicadas para serem trabalhadas ao longo de todo o Ensino Fundamental, desde os anos iniciais até os anos finais, exceto nos 7º e 9º anos.

2.1 O MDS enquanto objeto de conhecimento no 2º ano do Ensino Fundamental

Percebemos que a temática do movimento diário do Sol (MDS) aparece sugerida na BNCC para a área das Ciências da Natureza, na Unidade Temática “Terra e Universo”, devendo ser trabalhada ao longo de todas as etapas do Ensino Fundamental. Pode iniciar desde o 2º ano, como um “objeto de conhecimento” e se estender até o 8º ano, quando é sugerido o estudo das estações do ano entre as habilidades a serem desenvolvidas (Silva; Catelli; Dutra, 2021).

De modo semelhante, seu estudo também aparece indicado no RCG para a área das Ciências da Natureza, também na Unidade Temática “Terra e Universo”, igualmente sugerido como um “objeto de conhecimento” do 2º ano do Ensino Fundamental, porém, subdividido em habilidades específicas (Quadro 2).

Conforme Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 2) no 2º Ano a BNCC chama a atenção para o educandário infantil ser um tempo de letramento, portanto, não sendo aconselhável trabalhar com alunos mais iniciantes em atividades muito conceituais ou abstratas, “o que é uma prerrogativa dos demais anos escolares, de modo gradual e progressivo”, conforme o avanço escolar.

Para trabalhar com essa temática no 2º ano, o documento nacional sugere o desenvolvimento de apenas uma habilidade. Já o RCG prevê o desenvolvimento de quatro habilidades específicas, as quais foram debatidas e elaboradas por especialistas e profissionais da educação do Estado do Rio Grande do Sul, durante a elaboração do documento curricular.

Assim, enquanto a BNCC sugere o desenvolvimento da habilidade de descrever o movimento solar e tecer comparações com a projeção da sombra emanada pelos objetos, em horários diversos (EF02CI07)¹, considerando o currículo escolar de todo território nacional, o RCG, por sua vez, sugere que os alunos investiguem as diversas posições do Sol ao longo do dia (EF02CI07RS-1); percebam seres que também projetam sombra quando expostos ao Sol (EF02CI07RS-2); façam registros da sombra, descrevendo o seu tamanho, forma e posição (EF02CI07RS-3); e aproveitem a luminosidade para identificar a passagem do tempo (EF02CI07RS-4).

Quadro 2 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 2º Ano do Ensino Fundamental

Unidade Temática	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades do RCG
-------------------------	-------------------------------	----------------------------	---------------------------

¹A BNCC apresenta as habilidades em códigos alfanuméricos definidos da seguinte forma: o primeiro par de letras - EF - indica a etapa: Ensino Fundamental; o primeiro par numérico - 02 - o ano escolar; o segundo par de letras - CI - Ciências, o componente curricular.

Terra e Universo	Movimento aparente do Sol no céu	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada.	(EF02CI07RS-1) Investigar as diversas posições do sol ao longo do dia. (EF02CI07RS-2) Perceber a própria sombra em relação ao sol. (EF02CI07RS-3) Registrar o tamanho, forma e posição da sombra. (EF02CI07RS-4) Identificar a passagem de tempo através da luminosidade.
------------------	---	--	--

Fonte: Adaptado da BNCC (Brasil, 2018, p. 334) e do RCG (Rio Grande do Sul, 2018, p. 58).

2.2 O MDS e a duração do período diurno no 3º ano do Ensino Fundamental

O documento nacional (Brasil, 2018) indica uma continuidade na abordagem do movimento diário do Sol, que progressivamente deverá ser incorporado aos outros anos escolares, culminando mais tarde, como veremos mais a seguir, nos 5º e 6º anos.

Nesse sentido, no 3º ano, damos destaque nesta pesquisa aos “objetos de conhecimento” sugeridos: “características da Terra” e “observação do céu”, os quais devem proporcionar a aquisição de habilidades que englobam desde a identificação de características da Terra, como seu formato esférico, entre outros; a observação diurna do Sol e a identificação e registro das estrelas durante a noite, incluindo os períodos em que esses corpos celestes podem ser visualizados (Quadro 3).

Portanto, o documento oficial nos faz refletir sobre as propostas de educação informal e não formal para o desenvolvimento de diversas habilidades: atividades que devem ser trabalhadas fora do ambiente da sala de aula, como conversas do dia a dia, diálogos informais com amigos (informal), ou então, atividades com determinado propósito (não formal), como aquelas realizadas em museus, feiras de ciências, planetários e clubes de astronomia, dentre outros locais onde os alunos têm liberdade para escolher seus métodos e formas de aprendizado (Langhi, 2009).

Em relação às características da Terra, enquanto a BNCC apresenta uma única habilidade, o RCG a subdivide em três habilidades específicas. Em relação à observação do céu não é diferente: à medida que o documento nacional exhibe também uma única habilidade, o documento gaúcho a subdivide em cinco habilidades específicas.

Nesse sentido, a BNCC sugere o desenvolvimento da habilidade de identificar algumas características da Terra, preferencialmente baseado em diferentes tipos de

modelos e representações, dando uma atenção especial para o seu formato esférico (EF03CI07). O RCG sugere a definição (EF03CI07RS-1), a comparação (EF03CI07RS-2) e a compreensão (EF03CI07RS-3) das características da Terra, também com base em distintos modelos ou formas de representação.

Já em relação à observação do céu, do Sol e demais estrelas durante o diurno ou noturno, atenta-se para o período em que os astros podem ser visualizáveis, conforme sugere o documento nacional (EF03CI08). O documento estadual, por sua vez, sugere: observar (EF03CI08RS-1) e conectar (EF03CI08RS-2) os ciclos dos corpos celestes com as distintas culturas e períodos produtivos das regiões; estudar a escala de tempo (EF03CI08RS-3); observar os corpos celestes (Sol, lua, demais estrelas) identificando quando estão visíveis no céu (EF03CI08RS-4); reconhecer o ciclo dia/noite observando a disposição da Terra e seu movimento de rotação em relação ao Sol (EF03CI08RS-5).

Quadro 3 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 3º Ano do Ensino Fundamental

Unidade Temática	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades do RCG
Terra e Universo	Características da Terra	(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo, etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.).	(EF03CI07RS-1) Definir as características do planeta Terra. (EF03CI07RS-2) Comparar as características da Terra em distintos modelos de representação, como: mapas, esquemas e ilustrações. (EF03CI07RS-3) Compreender as características da Terra.
	Observação do céu	(EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.	(EF03CI08RS-1) Observar os ciclos do sol, da lua e das estrelas. (EF03CI08RS-2) Relacionar os ciclos dos astros às diferentes culturas e aos ciclos produtivos locais. (EF03CI08RS-3) Investigar a escala de tempo. (EF03CI08RS-4) Observar o sol, a lua e as estrelas e os períodos em que são visíveis. (EF03CI08RS-5) Identificar o dia e a noite na Terra, a partir de seu posicionamento e rotação em relação ao sol.

Fonte: Adaptado da BNCC (Brasil, 2018, p. 337-8) e do RCG (Rio Grande do Sul, 2018, p. 63).

2.3 O MDS e os quatro pontos cardeais no 4º ano do Ensino Fundamental

A partir do 4º ano os alunos precisam progredir no saber, avançando com novas habilidades para aprenderem sobre a temática dos quatro pontos cardeais, contando com o auxílio de uma estaca vertical fixada ao solo (gnômon) e de registros do comportamento de sua sombra (EF04CI09). Além disso, o documento nacional também sugere a identificação dos quatro pontos cardeais e sua comparação com o uso de uma bússola (EF04CI10), conforme se pode observar (Quadro 4).

No documento estadual as habilidades aparecem mais bem especificadas, pois além da sugestão de trabalhar a temática dos quatro pontos cardeais com o uso de um gnômon (EF04CI09RS-1), também se propõe que seja considerado o local em que se encontra o aluno, para fazer a determinação (EF04CI09RS-2), e utilizar o sol, as estrelas, a lua, entre outros corpos celestes, para localização espacial (EF04CI09RS-3).

Com relação ao método das sombras iguais para determinação dos pontos cardeais, em comparação com o uso de uma bússola, o documento estadual sugere o reconhecimento das sombras no dia a dia em comparação com as marcações feitas com o gnômon e com uma bússola (EF04CI10RS-1); além da compreensão das mudanças que ocorrem em relação ao dia, mês, ano a partir de escalas de contagem do tempo (EF04CI10RS-2), e da construção de uma bússola e de sua utilização para localização (EF04CI10RS-3).

Quadro 4 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 4º Ano do Ensino Fundamental

Unidade Temática	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades do RCG
Terra e Universo	Pontos cardeais, Calendários, fenômenos cíclicos e	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon).	(EF04CI09RS-1) Identificar os pontos cardeais através de sombras (gnômon). (EF04CI09RS-2) Utilizar a localização em que o aluno se encontra para identificar os pontos cardeais, ampliando para o município e demais mapas. (EF04CI09RS-3) Localizar-se espacialmente através do sol, estrelas, lua e outros pontos de referência

	cultura	(EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola.	(EF04CI10RS-1) Analisar as sombras do cotidiano a partir das informações obtidas com o uso do gnômon e da bússola. (EF04CI10RS-2) Compreender através de escalas temporais as mudanças que ocorrem nos períodos do dia, mês e ano. (EF04CI10RS-3) Construir uma bússola e localizar-se através dela.
--	----------------	---	--

Fonte: Adaptado da BNCC (BRASIL, 2018, p.338-9) e do RCG (Rio Grande do Sul, 2018, p. 69-70).

2.4 O MDS e os movimentos de rotação e translação da Terra no 5º e 6º anos do Ensino Fundamental

Um estudo mais conceitual da temática astronômica do movimento diário do Sol começa a ser exigido pelo documento nacional, entre o 5º e 6º anos, quando então se deve estudar e relacionar os principais movimentos da Terra: rotação e translação (Quadro 5).

Nessa etapa de transição entre anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, a associação exige agora mais do que apenas olhar e registrar a sombra solar em uma estaca vertical em momentos diferentes; mais do que apenas compreender os quatro pontos cardeais. Requer pensar de forma mais abstrata sobre o movimento diário do Sol, ou seja, “*associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra*” (EF05CI11) (Brasil, 2018, p. 341). Portanto, o documento nacional nos faz pensar, pela primeira vez, na educação formal para o ensino do saber a ensinar em sala de aula.

Essa habilidade aparece no documento estadual subdividida em duas habilidades específicas: exigindo primeiramente uma compreensão sobre a rotação da Terra e suas consequências (EF05CI11RS-1) e, além disso, um estudo sobre a associação existente entre o Sol, a Lua e a Terra na própria região e em distintas culturas (EF05CI11RS-2).

2.5 O MDS e os recursos tecnológicos para representação e simulação nos 5º e 6º anos do Ensino Fundamental

O documento nacional sugere também para o 5º ano a utilização de recursos tecnológicos para auxiliar na identificação de estrelas e no período em que elas são visualizáveis ao anoitecer durante o ano (EF05CI10). Essa habilidade aparece especificada e ramificada no documento estadual em outras 3 habilidades: observar

as constelações visualizáveis do Hemisfério Sul (EF05CI10RS-1), utilizando para isso recursos analógicos e digitais de identificação (EFCI10RS-2) e atentando-se para discernir sobre aquelas que são típicas da região (EF05CI10RS-3).

No 6º ano, o documento nacional sugere que o movimento diário do Sol seja deduzido a partir da observação da sombra do gnômon, ao longo do dia e do ano, como uma evidência dos movimentos entre o Sol e a Terra, os quais podem ser explicados através dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação do seu eixo, juntamente com o plano de sua órbita ao redor do Sol (EF06CI14).

Por sua vez, no documento estadual essa habilidade aparece subdividida em três habilidades específicas: demonstração, por meio de um gnômon previamente construído, das alterações das sombras projetadas durante um determinado espaço de tempo (EF06CI14RS-1); construção de modelos que representem os movimentos da Terra (EF06CI14RS-2); e criação de conjecturas sobre os principais movimentos da Terra no plano Sol-Terra, contando com o auxílio de tecnologias para simulação desses movimentos, a partir da visualização em diferentes escalas (EF06CI14RS-3).

Ainda para o 6º ano é sugerido, pelo documento nacional, um estudo, baseado em argumentos e evidências, que trate sobre a esfericidade da Terra (EF06CI13). Esta é uma temática que se encontra especificada no documento estadual em três habilidades: busca por informações e evidências que corroboram a esfericidade da Terra (EF06CI13RS-1); reconhecimento de imagens e suas relações com os modelos de planeta Terra (EF06CI13RS-2); e explicações de fenômenos celestes, como, por exemplo: ciclo dia/noite, rotação/translação, posições relativas do sol e da lua, servindo como confirmação para o modelo aceito, isto é, o modelo de Terra esférica (EF06CI13RS-3).

Quadro 5 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 5º e 6º Anos do Ensino Fundamental

Unidade Temática 5º ANO	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades do RCG
Terra e Universo	Constelações e mapas celestes Movimento de	(EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite.	(EF05CI10RS-1) Observar as principais constelações visíveis no Hemisfério Sul. (EF05CI10RS-2) Utilizar mapas, bússolas e aplicativos digitais para sua identificação. (EF05CI10RS-3) Reconhecer as constelações visíveis na sua região.

	rotação da Terra	(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.	(EF05CI11RS-1) Compreender o movimento de rotação da Terra e implicações. (EF05CI11RS-2) Pesquisar a relação Sol, Lua e Terra na sua região e em diferentes culturas.
Unidade Temática 6º ANO	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades RCG
Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra.	(EF06CI13RS-1) Pesquisar informações confiáveis e evidências de indícios da esfericidade da Terra, através de pesquisas. (EF06CI13RS-2) Reconhecer imagens relacionando-as com as informações coletadas e os modelos representativos da terra. (EF06CI13RS-3) Explicar fenômenos como as mudanças visíveis em constelações no céu, ciclos do dia e noite, movimento de translação e rotação, observações sobre a posição do sol e da lua, em diferentes períodos de tempo, como fontes de evidência para provar a esfericidade da Terra.
		(EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.	(EF06CI14RS-1) Demonstrar, por meio da construção de um gnômon, as mudanças que ocorrem na projeção de sombras ao longo de um período de tempo. (EF06CI14RS-2) Criar modelos representativos dos movimentos da Terra. (EF06CI14RS-3) Elaborar hipótese sobre as hipóteses do movimento de translação e de rotação no plano orbital da Terra em relação ao sol, podendo ser utilizadas tecnologias que simulam os modelos permitindo observações em diferentes escalas.

Fonte: Adaptado da BNCC (Brasil, 2018, p. 340-5) e do RCG (Rio Grande do Sul, 2018, p. 75-83).

2.6 O MDS e as estações do ano no 8º ano do Ensino Fundamental

Nos anos finais do Ensino Fundamental a temática do movimento diário do Sol praticamente desaparece, com exceção do 8º ano, quando se observa a indicação do estudo das estações do ano (Quadro 6). Assim, o documento nacional sugere o desenvolvimento da habilidade de representar os principais movimentos da Terra (rotação e translação) e o papel da inclinação do seu eixo na ocorrência das estações do ano. Para isso, deve-se promover o uso de modelos didáticos tridimensionais (EF08CI13). Já no documento estadual essa habilidade se divide em duas: relacionar a ocorrência das estações do ano com os principais movimentos da Terra (rotação e translação) e a inclinação do eixo (EF08CI13RS-1), e exemplificar os movimentos da Terra por meio da construção de um modelo (EF08CI13RS-2).

Portanto, o 8º ano é o momento escolar crucial para aprofundar a compreensão do movimento diário do Sol, que ocorre sempre em sentido contrário ao da rotação da Terra. Esse movimento, influenciado pela inclinação do eixo de rotação e pelo movimento de translação, altera gradualmente a trajetória do Sol no céu e acaba definindo as estações do ano. Infelizmente, o estudo do movimento diário do Sol parece ser negligenciado no Ensino Médio, pois, apesar de sua importância fundamental, observa-se seu desaparecimento entre as habilidades a serem desenvolvidas no restante da Educação Básica. Importante salientar que nos 7º e 9º anos essa temática também não aparece mais sugerida.

Quadro 6 - Comparativo entre as habilidades sugeridas pela BNCC e RCG para a área de Ciências da Natureza para o 8º Ano do Ensino Fundamental

Unidade Temática	Objeto de Conhecimento	Habilidades da BNCC	Habilidades do RCG
Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua	(EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.	(EF08CI13RS-1) Estabelecer conexões entre a existência das estações do ano e o movimento de translação e rotação e a inclinação do eixo da Terra. (EF08CI13RS-2) Criar um modelo de rotação e translação que exemplifique os movimentos da Terra.

Fonte: Adaptado da BNCC (Brasil, 2018, p. 348-9) e do RCG (Rio Grande do Sul, 2018, p. 101).

3 O DESAFIO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA E A FORMAÇÃO COM PROFESSORES

Conforme o educador em ciências Rodolfo Langhi (2011), as expressões: concepções alternativas, concepções espontâneas, concepções prévias, ideias ingênuas, pré-conceitos, conceitos intuitivos, conhecimento vulgar, entre outras, são utilizadas para nomear as ideias de senso comum que os alunos e professores manifestam no ambiente escolar, algumas delas bem enraizadas e de difícil modificação. Esses são termos que, segundo o autor, vêm sendo cunhados por pesquisadores em Ensino de Ciências desde a década de 70, a partir de estudos em uma linha de investigação que ficou conhecida como “movimento das concepções espontâneas”, conforme recolheram de Cachapuz e colaboradores (2005).

Embora esse movimento tenha sistematizado uma abundância de dados e promovido várias ações educativas até o momento, essas ideias de senso comum continuam aparecendo entre alunos e professores e acabam interferindo na qualidade do ensino-aprendizagem em ciências, principalmente no Ensino de Astronomia, em que, segundo Langhi (2011), podem estar sendo reforçadas por uma instrução escolar ineficiente:

- Baseada em representações muito abstratas e distante do cotidiano dos alunos;
- Pautada quase que predominantemente a partir das representações planas (2D) dos livros didáticos, os quais, além de conter erros conceituais, não facilitam a compreensão dos fenômenos celestes enquanto objetos tridimensionais (3D);
- Pouco efetiva devido à insegurança dos professores em trabalhar com conteúdos e temas que nunca ou raramente aprenderam;
- Deficitária pela falta de aperfeiçoamento, haja vista a carência de formação inicial e continuada dos professores escolares em temas da Astronomia;
- Ministrada por profissionais de outras áreas, apesar de o currículo ser normalmente destinado às disciplinas de Geografia e Ciências no Ensino Fundamental.

O educador em ciências realizou um amplo estudo de revisão de literatura, considerando pesquisas nacionais e internacionais, a fim de identificar as principais

ideias de senso comum existentes entre alunos e professores, dentre as quais as que interessam à nossa pesquisa são aquelas relativas à temática do movimento diário do Sol e fenômenos celestes correlacionados, entre eles: nascimento e ocaso do Sol, ciclo dia/noite e a ocorrência das estações do ano. São concepções prévias que já se encontram amplamente sistematizadas na literatura, conforme recolhidas pelo estudo de Langhi (2011, p. 386-88. Grifo nosso.):

O Sol sempre nasce no ponto cardeal Leste e seu ocaso sempre se dá no ponto Oeste.

Pontos cardeais são precisamente determinados em qualquer dia do ano, posicionando os braços abertos, com o direito esticado para o ponto do horizonte onde o Sol nasceu.

Diferentes concepções sobre a forma da Terra e sobre o campo gravitacional.

Predominante visão geocêntrica do Universo.

Diferentes concepções acerca do fenômeno do dia e da noite.

Há apenas dois movimentos da Terra: rotação e translação.

A órbita da Terra (e dos planetas) é altamente excêntrica, assemelhando-se a uma elipse e não a uma circunferência.

O eixo de rotação terrestre é inclinado de 23,5° em relação ao plano de sua órbita.

Ao meio-dia não há sombra, pois o Sol está a pino.

As estações do ano ocorrem devido à variação de distância da Terra em relação ao Sol, proporcionando o verão quando o nosso planeta está próximo do Sol e inverno quando se afasta do mesmo.

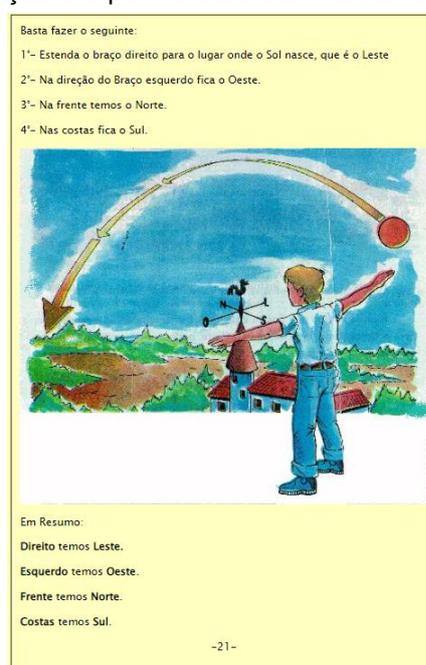
Desconhecimento do movimento aparente das estrelas no céu com o passar das horas, incluindo o movimento circular das mesmas em torno do polo celeste.

O referido pesquisador (2011) sugere que apenas o reconhecimento da existência de concepções alternativas não é suficiente para haver mudanças significativas no ensino; é necessário o desenvolvimento de práticas críticas e reflexivas que contribuam com a possível superação das ideias de senso comum dos alunos e dos professores. Mais do que isso, sustenta que uma mudança mais efetiva a esse respeito não ocorrerá de modo instantâneo e isolado, mas exigirá uma ampla campanha de superação ao nível nacional que integre o trabalho desenvolvido pela comunidade científica de astrônomos profissionais, astrônomos amadores e educadores em geral.

3.1 Pontos cardeais e o ensino do nascimento e ocaso do Sol

Paula e Oliveira (2002, *online*), em um estudo de análise sobre os principais erros conceituais de astronomia presentes nos livros didáticos de ciências utilizados no Ensino Fundamental, na cidade de São Carlos–SP, chamaram a atenção para as figuras (Figura 2) utilizadas na determinação dos pontos cardeais (norte, sul, leste, oeste), representações que sugerem que o Sol tem seu nascimento sempre no ponto cardinal leste e ocaso (pôr) sempre no ponto cardinal oeste, em todos os dias do ano.

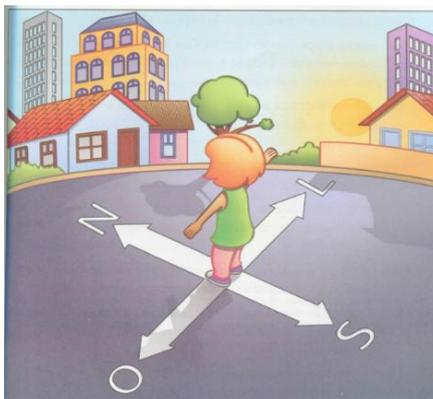
Figura 2 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol



Fonte: Imagem de Paula e Oliveira (2002, *online*), retirada de um livro de ciências do ano de 1983, destinado à 2ª série do Fundamental.

Algo mais intrigante é que uma imagem semelhante (Figura 3) foi encontrada em um livro didático de geografia do ano de 2011, destinado ao 3º ano do Ensino Fundamental, utilizado em atividades em uma escola estadual do município de São Borja–RS. Nota-se que quase trinta anos se passaram entre essa edição de 2011 e a edição de 1983, apresentada por Paula e Oliveira (2002, *online*), e uma imagem semelhante continua sendo empregada na determinação dos pontos cardeais na escola.

Figura 3 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol



Fonte: Imagem obtida do livro didático de Vesentini, J. William; Dora Martins; Marlene Pécora. Ápis: Geografia - 3.º ano. São Paulo: Ática, 2011.

Entretanto, essas imagens (Figuras 2 e 3) são inadequadas, pois o Sol só nasce no ponto cardinal leste e tem seu ocaso no ponto cardinal oeste em dois dias específicos do ano, na entrada dos equinócios de outono e primavera (Langhi; Nardi, 2007; Paula; Oliveira, 2002, *online*; Silva, 2011; Silva; Catelli, 2020). Assim, nos outros dias do ano o Sol muda a sua posição de nascimento e ocaso em relação ao horizonte, uma mudança que acontece de maneira lenta e gradual conforme os dias vão passando. Por exemplo, na cidade de Porto Alegre–RS, na entrada do solstício de verão, o Sol terá seu nascimento a $23,5^\circ$ do Leste, em direção ao sudeste e, na entrada do solstício de inverno a $23,5^\circ$ do Leste, porém na direção diametralmente oposta, em direção ao nordeste. Já o ocaso solar acontecerá, respectivamente, a $23,5^\circ$ do Oeste, na direção sudoeste e, a $23,5^\circ$ do Oeste, na direção noroeste.

Importante percebermos que, apesar do método ensinado pelos livros didáticos não ser o mais adequado, nem em termos conceituais e nem em termos de precisão de medida, para ensinarmos a determinação dos pontos cardeais - uma vez que os “pontos” cardeais indicam a divisão do plano do horizonte em quatro quadrantes fundamentais - mesmo assim é um método eficaz para a determinação das diferentes direções do horizonte: leste, oeste, norte e sul. Logo, podemos deduzir que o Sol nasce sempre na direção leste, mas nem sempre no ponto cardinal leste, sendo apenas em dois dias específicos do ano.

Paula e Oliveira (2002, *online*) sugerem duas abordagens possíveis para uma determinação mais adequada dos pontos cardeais, que exige sair da sala de aula e fazer observações na natureza: uma observação diurna, através do método das sombras iguais com auxílio de um gnômon, e outra, noturna, a partir da constelação

do cruzeiro do Sul, pelo segmento aparente da sua estrela mais afastada para a localização do Polo Celeste Sul (PCS) e, a partir dele, determinar o ponto cardeal sul.

Essas diferentes posições do nascimento e ocaso solar, em relação ao horizonte de um observador, em uma determinada região do planeta (latitude), também podem ser observadas e acessadas através de modelos didáticos concretos e virtuais (Silva; Catelli, 2020; Silva; Catelli; Dutra, 2021; Silva *et al.*, 2022). Tais artefatos do conhecimento foram propostos nesta pesquisa de tese, os quais permitem uma visão topocêntrica/geocêntrica do sistema Terra-Sol.

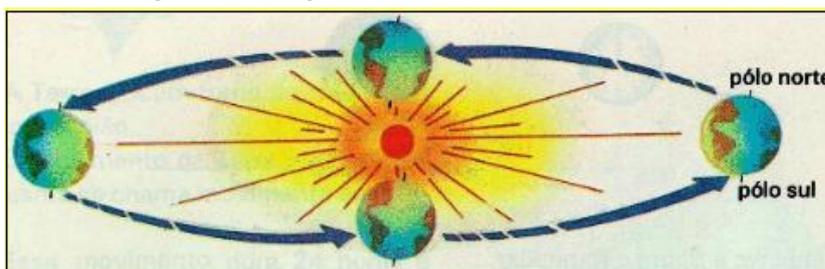
Entretanto, salientamos que os modelos didáticos não substituem a determinação dos pontos cardeais segundo os métodos sugeridos por Paula e Oliveira (2002, *online*), que são muito importantes, pois permitem que os alunos e o professor realizem observações diretamente na natureza, assim como os antigos astrônomos e navegadores o faziam e, além disso, utilizando um ambiente não formal de aprendizagem, distinto daquele da sala de aula.

De qualquer modo, acreditamos que os modelos didáticos devem ser vistos como uma possibilidade complementar às observações diurnas e noturnas e, talvez, suplementar ao livro didático (muitas vezes o único material disponível nas escolas), pois são artefatos didáticos, de baixo custo de confecção, que permitem outras e variadas visualizações sobre, por exemplo, as diferentes posições do nascimento e ocaso solar ao longo dos diferentes meses do ano, para qualquer local do planeta, nesse caso, sem a necessidade de uma observação direta e sistemática na natureza.

3.2 Estações do ano e o problema da representação da órbita terrestre

Paula e Oliveira (2002, *online*) também detectaram alguns livros didáticos que apresentavam erros conceituais com relação à ocorrência das estações do ano, com figuras representando uma órbita elíptica bastante acentuada, passando a falsa impressão de que a sua principal causa está associada à aproximação (verão) e ao afastamento (inverno) da Terra ao Sol (Figura 4): representação que nos parece tem servido como um obstáculo ao conhecimento dos alunos e professores no ensino de astronomia (Langhi, 2011; Sobreira, 2010).

Figura 4 - Estações do ano e o desenho da órbita

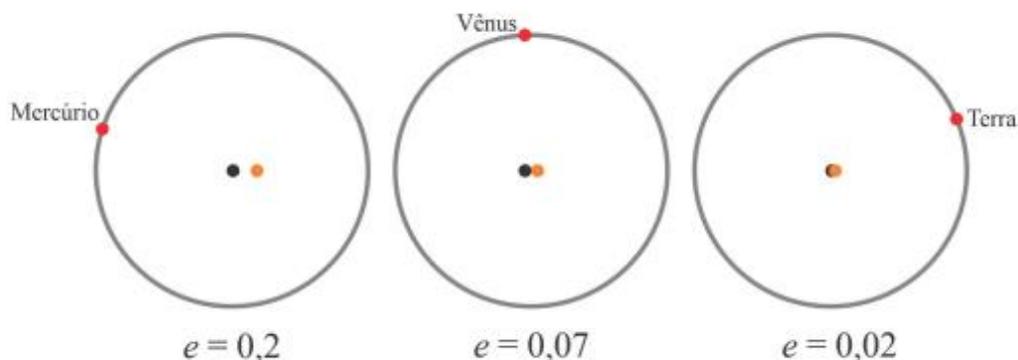


Fonte: Imagem de Passos (1988) *Apud* Paula e Oliveira (2002, *online*), retirada de um livro de ciências do ano de 1988, destinado à 2.^a série do Fundamental.

Essa é uma imagem clássica presente no livro didático de ciências, que adota um referencial heliocêntrico para explicar as estações do ano. Entretanto, há muito tempo parece vir gerando uma compreensão inadequada nos alunos e professores (Barrabín, 1995; Bisch, 1998; Camino, 1995; Langhi, 2004; Langhi, 2011; Langhi; Nardi, 2007; Paula; Oliveira, 2002; Sobreira, 2010), pois, mesmo que a órbita terrestre seja mais bem representada por uma elipse, ela é muito pouco “achatada”, muito próxima a uma circunferência, conforme chamaram a atenção (Canalle, 2003; Silva; Catelli; Dutra, 2021).

A medida do “alongamento” ou “achatamento” da órbita de um planeta é denominada excentricidade (e) e no caso da Terra é uma medida muito pequena ($e = 0,02$), muito próxima de zero. Vejamos, por exemplo (Figura 5) uma comparação entre as órbitas elípticas dos planetas Mercúrio, Vênus e Terra, representados pelo ponto vermelho; o centro da elipse representado pelo ponto preto, e um dos seus focos sendo ocupado pelo Sol, representado pelo ponto laranja. Percebe-se que, no caso da órbita terrestre, o foco e o centro da elipse são quase que sobrepostos, ou seja, o caminho que a Terra faz em torno do Sol é quase confundível com uma circunferência que possui ($e = 0$), que é um tipo particular de elipse, sem “achatamento” algum.

Figura 5 - Órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra



Fonte: Imagem de Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 7) adaptada de Canalle (2003, p. 15).

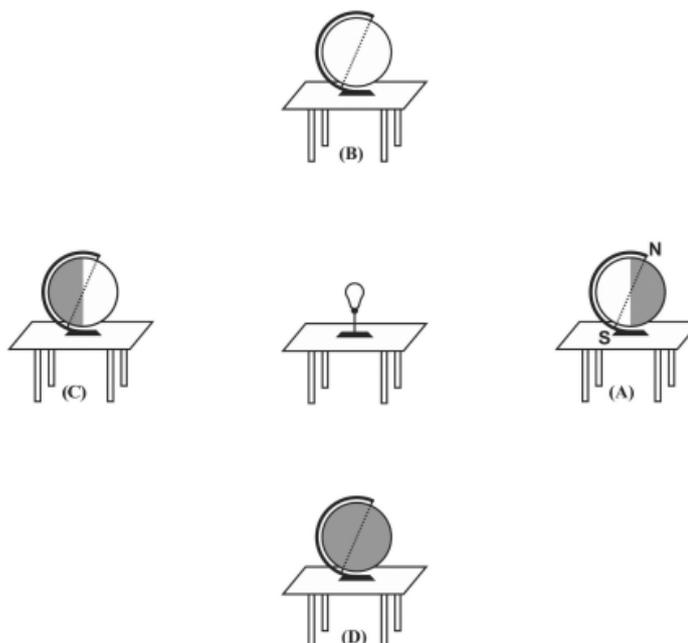
Portanto, mesmo que ao longo de um ano essa distância entre o Sol e a Terra varie, ela é praticamente insignificante para explicar a ocorrência das estações do ano com base no argumento da aproximação ou afastamento entre a Terra e o Sol. Uma explicação plausível é fundamentada na invariância da inclinação do eixo da Terra, que permanece fixo apontando para uma mesma direção do espaço pelo período de muitas vidas humanas, mantendo-se em um ângulo de cerca de $66,5^\circ$, em relação a plano de sua órbita; permitindo que, ao longo de um ano, tenhamos uma variação de calor entre os seus dois hemisférios, norte e sul, por conta dessa inclinação, conforme asseguraram Langhi e Nardi (2007, p. 92):

A inclinação no eixo de rotação terrestre garante que, em determinadas épocas do ano, um dos hemisférios sempre recebe mais luz solar durante o período de rotação de aproximadamente 24 horas, enquanto que no outro, ocorre justamente o inverso. Deste modo, no primeiro caso temos a parte do dia claro mais longa do que a noite (verão), e no segundo caso, a noite será mais longa (inverno). No entanto, em dois dias do ano, a Terra fica em uma posição específica em que a inclinação do seu eixo de rotação implica num recebimento de luz solar de modo praticamente uniforme em ambos os hemisférios, proporcionando uma duração igual entre o dia claro e a noite (equinócios de primavera e outono). Aliás, a palavra “equinócio” significa basicamente “noites iguais”.

Uma compreensão mais intuitiva sobre a ocorrência das estações do ano, em um referencial heliocêntrico, pode ser desenvolvida no ambiente escolar com o auxílio de um modelo didático tridimensional do planeta Terra, um globo escolar (de 30 cm de diâmetro) e de uma lâmpada representando o Sol, através de simulações com modelos: conforme sugerem alguns educadores em Astronomia (Barrabín, 1995; Bisch, 1998; Canalle, 1999; Leite, 2002; Silva, 2011; Silva; Catelli; Dutra, 2021).

O objetivo do experimento é simular o sistema Sol-Terra e as quatro estações do ano: verão, inverno, outono e primavera. Assim, conforme se desloca o “globo” ao redor da lâmpada, simulando a Terra orbitando o Sol, os participantes devem perceber a invariância do eixo da Terra, ao longo de um ano e, os contrastes de luz e de sombra em seus dois hemisférios. Para isso, precisa-se de uma sala de aula escurecida e a disposição de cinco classes de mesma altura: uma para fixar a lâmpada, ao centro, e as outras quatro mesas para posicionar o globo, nas posições relativas às quatro estações. A distância entre a mesa central (onde fica o Sol) e as outras mesas (Terra nas quatro estações) deverá ser de 100 cm, uma escala equivalente à distância Sol-Terra que é de cerca de 150 milhões de km (Figura 6).

Figura 6 - Representação da órbita terrestre nas 4 estações do ano.



Em (A) o hemisfério sul é mais ensolarado (verão) do que o hemisfério norte (inverno); em (C) acontece o contrário, o hemisfério sul é menos ensolarado (inverno) do que o hemisfério norte (verão); em (B) e (D), respectivamente, os dois hemisférios são igualmente ensolarados (outono e primavera). Representação ilustrativa e fora de escala.

Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 8).

Segundo os pesquisadores (Silva; Catelli; Dutra, 2021) mesmo sabendo que a órbita da Terra em torno do Sol desenha uma elipse, de pequeníssima excentricidade, neste experimento didático ela pode ser aproximada a uma circunferência; visto que para os objetivos da simulação pouco importa a diferença de variação entre a maior distância Sol-Terra (afélio) e a menor distância (periélio), que é de aproximadamente 3%, sendo, portanto, praticamente insignificante para

determinar as estações do ano. Assim, consideram que esse experimento “também é importante para desenvolvermos uma visão heliocêntrica do sistema Sol-Terra, como se os alunos estivessem visualizando o sistema a partir de um ponto distante no Universo” (Silva; Catelli; Dutra, 2021, p. 8).

Outra possibilidade de compreender as estações do ano pode ser desenvolvida por meio de um referencial topocêntrico/geocêntrico, isto é, a partir de um observador centrado na superfície da Terra ao olhar para o céu. Nesse sentido, os modelos didáticos de Silva e Catelli (2020) e de Silva *et al.* (2022) cumpririam muito bem essa função, pois, através deles, é possível visualizar e perceber, a partir das linhas representativas das trajetórias solares, aquelas relativas à entrada dos equinócios e solstícios, para qualquer localidade do mundo.

3.3 Ciclo dia/noite: meras repetições a partir dos livros didáticos?

Concepções prévias sobre o ciclo dia/noite foram levantadas pela pesquisa de Leite (2002, p. 91), desenvolvida com dezessete professores de ciências de nível fundamental, da rede estadual de ensino de São Paulo–SP. Nesta pesquisa, 88% das respostas foram inicialmente identificadas como científicas, pois de alguma forma indicavam que o ciclo dia/noite tinha relação com o movimento da Terra, “devido à rotação”, ou ainda “rotação, movimento que a Terra faz em torno de si”. E apenas 12% foram identificadas como vivenciais, pois foram relacionadas simplesmente à presença ou ausência de luz solar. Entretanto, mesmo com um maior número de respostas consideradas científicas, a pesquisadora não sabe se esses professores compreendiam o fenômeno ou se estavam apenas repetindo aquilo que aprenderam com o livro didático.

Foi uma grande surpresa para nós a dificuldade do professor em explicar inclusive, o fenômeno dia e noite. Acreditávamos que este tema era simples e compreendido por todos. No entanto, observamos duas respostas bastante vivenciais e, dentre as científicas, não sabemos, ao certo, se as respostas sintéticas do tipo rotação da Terra são verdadeiramente compreendidas ou se são meras repetições dos livros didáticos (Leite, 2002, p. 91).

Sabemos que este cenário das concepções prévias em Astronomia é bastante amplo, apresentando uma abundância de dados. Entretanto, as principais ideias de senso comum, que guardam relação com a nossa pesquisa, foram suficientemente apresentadas.

Parece-nos importante inferir que o livro didático tem uma parcela de contribuição importante para a manutenção dessas ideias de senso comum em astronomia, visto que este é o principal instrumento utilizado pelo professor para o preparo de suas aulas, apresentando erros conceituais e problemas de representação: como as representações planas (2D) para designar os objetos astronômicos que são predominantemente espaciais (3D) (Barrabín, 1995; Bisch, 1998; Langhi, 2004; Langhi, 2011; Langhi; Nardi, 2007; Leite, 2002; Paula; Oliveira, 2002, *online*; Silva, 2011; Silva; Catelli, 2020; Sobreira, 2010).

No Brasil, apesar dos dignos esforços das equipes de avaliação do Ministério da Educação - MEC, que melhorou muito a qualidade dos livros didáticos, verifica-se facilmente, que ainda há erros conceituais em Astronomia recheando esses livros (Sobreira, 2010, p. 38).

Outra maneira ainda de representar o fenômeno do “dia claro” (período diurno) e da noite (período noturno) pode ser desenvolvido no mesmo experimento para representar as estações do ano, mencionado anteriormente, com auxílio do globo escolar (Terra) e da lâmpada (Sol). É possível, por exemplo, fixar ao globo um gnômon (estaca vertical) de modo que a luz da lâmpada projete uma sombra sobre ele. Assim, será possível simular a sombra projetada nos objetos tal como acontece na natureza. Ao simular o movimento de rotação da Terra (rotacionando o globo) é possível acompanhar a movimentação da sombra do gnômon para explicar o período diurno e noturno, neste último caso, pela ausência da sombra. E mais ainda, é possível também analisarmos o comportamento da sombra, que no início da manhã será longa, próximo ao meio-dia será mais curta e, no final da tarde, será longa novamente. Podem-se fazer diversas atividades a partir deste experimento, levantar hipóteses sobre a movimentação da sombra nos objetos fixando o gnômon em diferentes regiões do planeta. Contudo, o principal objetivo é permitir que os alunos (ou professores) percebam o movimento diário do Sol como consequência do movimento de rotação da Terra.

Outra possibilidade de entendimento para o ciclo dia/noite também pode ser desenvolvida através do referencial topocêntrico/geocêntrico, também com auxílio dos modelos didáticos de Silva e Catelli (2020) e de Silva *et al.* (2022). Nota-se que o modelo didático concreto (Silva; Catelli, 2020) permite identificar as linhas das trajetórias solares no céu, para o vigésimo primeiro dia de cada mês do ano. Cada linha é dividida em 24 partes iguais que representam os intervalos das 24 horas de

duração de um dia. Assim, para saber a duração aproximada do período diurno para uma determinada região do planeta, basta regular o modelo para a latitude pretendida e calcular os intervalos de tempo que estão acima do plano do horizonte. Do mesmo modo, para calcular a duração do período noturno, basta calcular os intervalos de tempo abaixo do plano do horizonte.

Com o modelo didático virtual (Silva *et al.*, 2022) o processo é semelhante, porém a contagem do tempo do período diurno e noturno é calculada pelo *software GeoGebra*. Assim, em comparação com os dados fornecidos pelo modelo científico da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*², por exemplo, que calcula a duração do período diurno com bastante precisão, é possível perceber que os dados dos modelos didáticos (concreto ou virtual), embora não sejam dados científicos, no sentido de apresentarem uma medida mais precisa do fenômeno, ainda assim são dados bastante aproximativos da realidade (Silva *et al.*, 2022).

3.4 Referencial Topocêntrico/Geocêntrico e Heliocêntrico: dois modelos distintos para conceber os fenômenos celestes

Conforme o geofísico, geógrafo e educador em ciências Paulo Henrique Azevedo Sobreira (2010), é sabido que desde o Renascimento a visão mais aceita pela ciência para a compreensão do funcionamento do sistema solar passou a ser a visão heliocêntrica, que, advinda desde as explicações matemáticas de Copérnico, depois pelo aprimoramento de Kepler e, depois ainda, pelas contribuições de Newton, com a teoria da gravitação, acabou se sobrepondo às explicações ptolomaicas: fundamentadas na visão topocêntrica/geocêntrica que, infelizmente, a partir dos séculos XIX e XX deixou de ser um objeto do ensino.

Sobreira (2010) defende que os livros didáticos não deveriam apenas trazer o referencial heliocêntrico para o ensino das estações do ano, mas também o referencial topocêntrico/geocêntrico, uma vez que:

O referencial Geocêntrico foi fundamental nos modelos cosmográficos desde a Antiguidade até os séculos XVII e XVIII. O referencial Topocêntrico é ideal para ilustrar o Movimento Anual Aparente do Sol no céu, por isso, este é um referencial importantíssimo para o ensino (Sobreira, 2010, p. 55).

²Disponível em: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>

O mesmo educador em ciências (2010) concordou com a educadora em Ciências Nicoletta Lanciano (1989), ao sustentar que os objetos astronômicos são acessados pelos sujeitos a partir do referencial Ptolomaico, isto é, a partir da observação direta da natureza; logo, este é um referencial importantíssimo para o ensino, pois parte daquilo que as pessoas percebem cotidianamente, servindo muito bem para gerarem as suas próprias explicações e descrições da realidade. Entretanto, não se sabe em qual faixa etária deve-se permitir que os alunos rompam com o referencial Ptolomaico (Topocêntrico/Geocêntrico) em favor do Copernicano (Heliocêntrico), pois a questão não é simplesmente substituir uma ideia em prol de outra, uma vez que ambos os referenciais são modelos distintos para falar da mesma coisa ou distintas formas de linguagem para falar da mesma realidade.

Concordando com Lanciano (1989), o educador em ciências percebe que a escola simplesmente segue um caminho contínuo, substituindo uma ideia “menos precisa” por uma ideia “*mais precisa*” que se sobrepõe a outra. O ideal seria que a escola ensinasse a relacionar essas ideias, esses dois referenciais, de modo que os objetos estáticos fossem compreendidos a partir de suas relações dinâmicas; e, além disso, que incentivasse o uso dos órgãos do sentido na observação e conhecimento dos objetos celestes, bem como suas formas esféricas, tridimensionais, seus movimentos circulares e “*a verdadeira duração dos fenômenos*” (Sobreira, 2010, p. 55 - grifos nossos).

Conforme o também educador e geógrafo Fernando Roberto Jayme Alves (2018), as transformações trazidas pela modernidade, especialmente no que diz respeito às alterações nos modelos cosmológicos ao longo do Século das Luzes, deram origem a um sistema de valores que julgava o referencial geocêntrico de Ptolomeu como “equivocado” e o referencial heliocêntrico de Copérnico como “correto”. Esse novo modelo copernicano era visto como inovador, contemporâneo e moderno, em oposição ao antigo, obsoleto e ultrapassado modelo ptolomaico.

Segundo sustenta Alves (2018), essa fixação pelo heliocentrismo copernicano trouxe dois problemas educacionais: de um lado, o total abandono do sistema ptolomaico que acabou por desconsiderar também o conhecimento acumulado desde a antiguidade até o século XVII e, por outro lado, a adoção de um novo referencial, o heliocêntrico, que acabou gerando toda uma confusão no ensino-aprendizagem de astronomia e geografia, devido à criação de um ponto de vista externo à Terra.

O educador e geógrafo acredita que a cosmologia ptolomaica prevê um modelo de universo a partir da realidade observada, portanto, parece ser a mais adequada segundo uma perspectiva experimental, visto que as pessoas observam o céu a partir da superfície da Terra. Assim, o referencial topocêntrico (centrado na superfície da Terra) e o referencial geocêntrico (a Terra no centro do sistema de coordenadas), apesar de conceitualmente divergirem, são muito próximos, visto que “ao abordar o céu, por meio do referencial topocêntrico, assume-se o olhar e a perspectiva geocêntrica do Universo” (Alves, 2018, p. 130).

Reconhece ainda, do mesmo modo que Sobreira (2010), a importância de se trabalhar com esses dois referenciais, topocêntrico e heliocêntrico, no ensino de Geografia e de Astronomia na escola, visto que são referências complementares. O primeiro referencial, o Topocêntrico, está ligado à visão ptolomaica, que parte da observação direta do espaço, desenvolvendo uma percepção sensorial dos astros nos alunos. “Como se sabe, a articulação entre estes referenciais está condicionada ao aprendizado da coordenação dos diferentes pontos de vista no espaço” (*Ibid.*, 2018, p. 142). O segundo referencial, o heliocêntrico, é a visão aceita cientificamente e, apesar de não ser aquela da observação direta, precisa ser conciliada com a visão geocêntrica. “Tal compreensão torna-se condição necessária para superar o antagonismo, criado pela modernidade, entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico” (Alves, 2018, p. 142).

Portanto, o referencial topocêntrico/geocêntrico é fundamental para o ensino, pois parte da observação direta da natureza e da realidade percebida cotidianamente pelos alunos. Esse referencial é ideal para ilustrar alguns fenômenos como, por exemplo, o movimento diário do Sol.

O referencial heliocêntrico, por outro lado, apesar de ser o modelo aceito cientificamente, não deve simplesmente substituir o referencial topocêntrico/geocêntrico. Ambos os referenciais são modelos distintos para compreender a mesma realidade e devem ser trabalhados de forma complementar. Trabalhar com esses dois referenciais é importante para que os alunos possam relacionar diferentes formas de linguagem e pontos de vista sobre os mesmos fenômenos celestes, superando o antagonismo criado pela modernidade entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico.

Ensinar a relacionar esses dois referenciais permite que os alunos compreendam os objetos celestes não apenas de forma estática, mas também em

suas relações dinâmicas. Isso incentiva o uso dos sentidos na observação e conhecimento dos astros, bem como suas formas esféricas e tridimensionais.

O abandono total do referencial topocêntrico/geocêntrico em prol do heliocêntrico deve ser evitado, pois do contrário passaremos a desconsiderar o conhecimento humano acumulado ao longo dos tempos, além de gerarmos confusões no ensino-aprendizagem de astronomia e geografia, devido à criação de um ponto de vista totalmente externo à visão direta que temos do espaço.

Assim, estamos de acordo que a abordagem complementar dos referenciais topocêntrico/geocêntrico e heliocêntrico é essencial para uma compreensão mais ampla e contextualizada dos fenômenos celestes pelos alunos.

3.5 Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental: o saber a ensinar e a formação continuada com professores

Em um estudo exploratório, o educador em ciências Rodolfo Langhi (2004) realizou um amplo levantamento de literatura para identificar as principais necessidades formativas dos professores de ciências do Ensino Fundamental com relação a conteúdos e temas de astronomia. Neste estudo, o referido pesquisador considerou a sugestão dos documentos oficiais (PCN), da Comissão de Ensino da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) e o ponto de vista de alguns especialistas, sobre quais objetos astronômicos deveriam fazer parte do ensino escolar. Além disso, o mesmo pesquisador também considerou a opinião de dez professoras de ciências de escolas municipais, estaduais e particulares da região de Nova Alta Paulista–SP a partir de entrevistas a respeito de diversos itens como, por exemplo: os conteúdos de Astronomia aprendidos em sua formação, dificuldades para o ensino de Astronomia, fontes didáticas utilizadas no ensino de Astronomia e sugestões para o ensino de Astronomia.

Considerando as sugestões dos documentos oficiais, das organizações astronômicas, dos especialistas sobre quais os conteúdos de Astronomia deveriam constar no currículo do ensino de ciências, no Ensino Fundamental, observando-se o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos, apareceram as seguintes considerações:

- Analisando os PCNs (BRASIL, 1998) o autor identificou que os conteúdos e temas de astronomia pertencem ao currículo das Ciências Naturais, no eixo temático Terra e Universo, designados ao terceiro e quarto ciclo, respectivamente, 5.^a e 6.^a série e, 7.^a e 8.^a série. Nota-se que as temáticas sobre o sistema Sol-Terra e os fenômenos dia/noite e estações do ano, de nosso interesse de pesquisa de tese, são destinadas ao terceiro ciclo (5.^a e 6.^a série), as quais devem ser trabalhadas com auxílio de modelos didáticos tridimensionais. “O enfoque para o terceiro ciclo é o sistema Sol-Terra-Lua, tais como reproduções do Sistema Solar em modelos tridimensionais, dia e noite, estações do ano, fases da Lua, movimento das marés, eclipses” (Brasil, 1998, p. 76).

Nesse sentido, Langhi (2004) identifica, de maneira geral, que os PCNs (Brasil, 1998) sugerem que os professores de Ciências do Fundamental precisam estar preparados para ensinar seus alunos a perceberem-se enquanto fazendo parte do Universo, devendo compreender os fenômenos naturais por meio de atividades práticas que lhes permitam:

[...] identificar algumas constelações, mediante observação direta, compreender a atuação da atração gravitacional, o funcionamento do dia e da noite, bem como das estações do ano, as distinções entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica, estabelecendo relações espaciais e temporais na dinâmica e composição da Terra, e finalmente valorizar o conhecimento historicamente acumulado em Astronomia (Langhi, 2004, p. 77).

Analisando a opinião de alguns especialistas, pesquisadores e educadores em ciências, sobre os conteúdos e temáticas de astronomia que deveriam ser contempladas na escola no Ensino Fundamental, o pesquisador percebeu nos estudos:

- De Costa e Gomez (1989), a sugestão de trabalhar com conteúdos e temas que tenham alguma relação com a observação e a percepção dos objetos astronômicos de maior notoriedade, dentre os quais, alguns deles convém citar: “sistema Sol-Terra-Lua e seus movimentos ocasionando fenômenos como o dia, a noite, estações do ano [...]” (Costa e Gomez, 1989, citados por Langhi, 2004, p. 81).
- De Tignanelli (1998), a opinião de que os temas de astronomia mais importantes são aqueles que têm relação com o cotidiano dos alunos, que possam

ser observados e avaliados do ponto de vista do seu comportamento, funcionamento. Assim, esse autor considera importante, além de outros temas: “nascer e pôr, dia e noite, órbita, [...] movimento relativo, medida de tempo e dimensões [...]”(Tignanelli, 1998, p. 81).

- De Ostermann e Moreira (1999), a opinião de que as estações do ano deveriam ser ensinadas não apenas no ensino fundamental, mas também no ensino médio, visto que identificaram que essa temática tem sido ensinada de forma inadequada desde os anos iniciais, conforme apontou uma de suas pesquisas nos 1.º e 2º graus, em uma escola estadual de Porto Alegre. “Esse conteúdo não lhes fora ensinado, e mesmo atualmente o assunto não é abordado no curso de formação de professores para os anos iniciais” (Langhi, 2004, p. 82).
- Das organizações da SAB e da OBA, a indicação do ensino de vários objetos astronômicos relacionados à Terra e ao Sol, desde a 1.ª a 4.ª série, entre os quais, também se observam: pontos cardeais, dia e noite e estações do ano, entre muitos outros (Langhi, 2004).

Neste estudo, o educador em ciências estabeleceu ainda um quadro panorâmico sobre o ensino de Astronomia no Brasil e concluiu que este ainda não tem sido contemplado no ensino de ciências: “a tal ponto de praticamente inexistirem cursos de formação de professores, notadamente de Ensino Fundamental e dos anos iniciais” (Langhi, 2004, p. 173). Demonstra-se assim uma lacuna na formação de professores no país, o que, conseqüentemente, acaba dificultando o entendimento sobre conceitos e temas de astronomia pelas crianças.

Rodolfo Langhi (2004) percebeu que, apesar dos esforços de inúmeros pesquisadores em astronomia de diversas instituições no Brasil em melhorar esse quadro negativo, ainda assim não tem sido algo suficiente, pois a formação de professores no nível de graduação tem sido falha, visto que ainda não tem contemplado conteúdos de astronomia em suas ementas, demonstrando uma carência formativa básica e inicial em todos os aspectos: teóricos, práticos e metodológicos. Assim, considerando que os conteúdos e os temas de astronomia são identificados como objetos do saber a ensinar em Ciências no Ensino

Fundamental, conforme têm sugerido os documentos oficiais, as sociedades de astrônomos, os educadores e pesquisadores em astronomia, o autor pondera que:

[...] a formação do docente precisa fornecer no mínimo condições para que o futuro professor se sinta capacitado para ensiná-los, o que pode ser garantido em parte pela inclusão dos fundamentos teóricos e práticos sobre o tema, seja na formação inicial ou continuada. Em poucas palavras: para se ensinar conteúdos, é necessário conhecer bem esses conteúdos. Contudo, eles precisam ser trabalhados adequadamente, o que pode ser conseguido por uma transposição didática e metodologias de ensino apropriadas para cada realidade (Langhi, 2004, p. 173).

As professoras participantes da pesquisa também perceberam a necessidade de uma formação inicial básica (que não tiveram) a ser fornecida pelos cursos de graduação, os quais devem contemplar conteúdos e temas de astronomia de modo a permitir um maior relacionamento entre a teoria e a prática, para assim melhor fundamentar as práticas pedagógicas escolares. Além disso, pontuam que os cursos de formação inicial ou continuada devem levar em consideração as próprias necessidades do ensino escolar, partindo da sua realidade ao proporem conteúdos e metodologias em astronomia.

Em relação aos materiais de ensino utilizados por essas professoras, o livro didático apareceu como principal elemento, o que, segundo Langhi (2004, p. 174): “é preocupante, uma vez que inúmeros estudos na área têm indicado diversos erros conceituais em Astronomia”. Assim, considera que, apesar dos educadores em ciências criarem uma certa expectativa com relação ao livro didático no sentido de fornecer um subsídio adequado ao ensino escolar de astronomia, “este material mais utilizado pelo professor acaba por reafirmar ou criar diversas concepções alternativas encontradas tanto em alunos como em docentes [...]” (Langhi, 2004, p. 175).

O pesquisador (2004) percebeu que as professoras concordam que a astronomia é uma ciência altamente motivadora, capaz de gerar curiosidade em praticamente todos os alunos, porém, queixam-se pelas suas limitações em ensiná-la, em especial, devido a sua formação inicial muito incipiente. Este é um fator determinante para que, ao terem que ensinar os objetos do saber astronômico, experimentem inúmeras sensações e dificuldades, como, por exemplo: insegurança para trabalhar com assuntos envolvendo astronomia; receio de estarem fornecendo informações errôneas aos alunos; dificuldades com a linguagem astronômica presente em livros paradidáticos; e pouco tempo para realizarem pesquisas.

Conforme o autor, das sugestões fornecidas pelas professoras de sua pesquisa, com relação aos materiais e metodologias que poderiam melhor subsidiar as formações de professores em astronomia, inicial ou continuada, elencaram-se os seguintes pontos:

[...] elaboração de cursos e palestras, material didático com linguagem acessível (livro, projeto, pôster, filme, slide), preparação de atividades práticas para alunos (maquetes, aulas externas), aumento de conteúdos em Astronomia no curso de formação do professor com o aprofundamento adequado, aproveitamento de notícias recentes da mídia e de fenômenos astronômicos, visitas ao planetário e observatório, contextualização da Astronomia, correção de concepções alternativas criadas pelos erros conceituais em livros didáticos, e a criação de um site na internet para o auxílio do professor ou um boletim comum tal como um jornal informativo (Langhi, 2004, p. 177).

A partir da análise do discurso das professoras, com relação às suas necessidades formativas e, considerando a sugestão dos documentos oficiais e a opinião das sociedades astronômicas e de especialistas, o educador em ciências Rodolfo Langhi (2004, p. 180) apresentou alguns tópicos que poderiam fazer parte da formação continuada de professores, entre eles: “observação do céu”; “sistemas de medidas”; “instrumentos astronômicos”; “sistema solar”; “objetos do céu profundo”; “fenômenos celestes”; “tecnologia espacial brasileira”; “apoio ao professor”. Estes tópicos devem partir de atividades práticas, com uso de materiais didáticos de baixo custo de confecção, contendo uma linguagem acessível, que considere o cotidiano dos alunos e o seu respectivo nível de desenvolvimento cognitivo, entre as quais, chamamos a atenção para: “[...] utilização de bolas de isopor para representar os ciclos do dia/noite, estações do ano, [...] uso de um gnômon; [...] construção de um mini planetário simples” (Langhi, 2004, p. 181), entre muitas outras.

Portanto, o estudo do educador em ciências (2004) demonstra a importância de se trabalhar com a astronomia no Ensino de Ciências, no Ensino Fundamental, apresentando inúmeros conteúdos e temáticas, entre as quais se encontram as de nosso interesse de pesquisa: pontos cardeais, nascimento e ocaso solar; ciclo dia/noite e estações do ano, modelo topocêntrico/geocêntrico e modelo heliocêntrico. Conteúdos e temáticas que estão relacionados ao movimento diário do Sol e, segundo o especialista (Langhi, 2004, 2011), devem ser trabalhados a partir de materiais didáticos acessíveis, de baixo custo de confecção, que sirvam de apoio

às práticas dos professores, os quais se encontram geralmente limitados aos conteúdos e representações dos livros didáticos.

Em outro estudo, em uma análise recente sobre a BNCC (BRASIL, 2018), os educadores em ciências, Silva, Catelli e Dutra (2021) identificaram que o saber do movimento diário do Sol é atribuído à área das Ciências da Natureza, na unidade temática Terra e Universo, indicada para ser trabalhada pelo professor escolar desde os anos iniciais até os anos finais, com distintas abordagens entre os anos, respeitando-se o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Os pesquisadores (2021, p. 2) perceberam que o termo “movimento aparente do Sol no céu” aparece no documento oficial apenas uma única vez, sendo substituído pelo termo “movimento diário do Sol no céu” nas demais passagens. Assim, em termos de transposição didática, acreditam que o termo mais adequado seria “movimento diário do Sol”, visto que o uso do termo aparente, apesar de não estar errado, é um conceito newtoniano empregado para distinguir entre o movimento “absoluto”, “verdadeiro”, “matemático”, que o Sol faz, daquele movimento “aparente”, “relativo” “ou comum”, tal como observamos cotidianamente pelo movimento de rotação da Terra. Porém, trata-se de um termo que deve ser empregado com cuidado, pois pode passar uma falsa impressão nos alunos de que esse é um movimento inexistente, o que deve ser evitado. O movimento aparente do Sol é um movimento relativo, comum que enxergamos todo dia, devido aos movimentos de rotação (diário) e translação (anual) da Terra.

Silva, Catelli e Dutra (2021) observam que o movimento diário do Sol aparece como um objeto de conhecimento destinado ao 2.º ano, porém sem a necessidade de uma abordagem desmedidamente conceitual ou abstrata, sendo sugerido pelo documento oficial o desenvolvimento de atividades descritivas sobre as posições do Sol no céu, em diferentes horários do dia, em associações com o tamanho da sombra projetada pelos objetos. Para o 3.º ano são indicadas observações (diurnas e noturnas) do Sol e das demais estrelas no céu, com registros sobre os horários em que podem ser visualizadas ou não, indicando, assim, o estudo do ciclo dia/noite. Para o 4.º ano é indicada a definição dos pontos cardeais e a distinção entre o norte geográfico e magnético (neste último caso com auxílio de uma bússola). Assim, entre os 2.º e 4.º anos o documento parece sugerir práticas educativas em ambientes informal e não-formal de aprendizagem, isto é, em locais distintos

daquele da sala de aula, como aquele desenvolvido diretamente na natureza ou em museus de ciência, em clubes de ciências, em planetários, entre outros.

Entretanto, é em uma fase de transição entre os anos iniciais e os anos finais, entre os 5.º e 6.º anos, que o movimento diário do Sol aparece novamente, não mais como objeto de conhecimento, mas subentendido entre as habilidades a serem desenvolvidas. Neste momento é indicada uma abordagem mais conceitual dessa temática (se comparada ao que é exigido nos anos iniciais), a ser trabalhada no ambiente formal da sala de aula, através do relacionamento entre os movimentos de rotação e translação da Terra. Conforme os autores (2021, p. 3):

A associação agora exige um ir além de uma simples observação e identificação da sombra solar em uma estaca vertical, em diferentes períodos; um ir além de uma concepção sobre os 4 pontos cardeais; requer um pensar mais abstrato a respeito do movimento diário do Sol, isto é, requer um *'associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra'*.

Antes de desaparecer do Ensino Fundamental e da Educação Básica na totalidade, o movimento diário do Sol aparece ainda implícito no 8.º ano, quando é sugerido o estudo do fenômeno das estações do ano, que deverá ser abordado em ambiente formal de aprendizagem, através dos movimentos de rotação e translação da Terra, associado à inclinação do eixo e baseado em modelos didáticos tridimensionais.

Este é um momento importante para avançar na compreensão do movimento que o Sol faz, diariamente, sempre em sentido contrário ao da rotação da Terra, um movimento que, devido também à inclinação do eixo de rotação da Terra, associado ao movimento de translação, terá alterada a sua trajetória no céu, dia após dia, lenta e gradualmente, delimitando as estações do ano. O movimento diário do Sol desaparece assim da Educação Básica, pois não se observa qualquer indicação do seu estudo no Ensino Médio (Silva; Catelli; Dutra, 2021, v. 43, p. 3).

A partir dessa análise do documento oficial, os educadores em ciências (2021) sugerem que o movimento diário do Sol não deveria ser apenas uma temática do Ensino Fundamental, mas também do Ensino Médio e, principalmente, da graduação em Ciências da Natureza, visto que esse é um assunto com inúmeras implicações em Ciências, Tecnologia e Sociedade; objeto do conhecimento que aparece de modo mais elaborado na graduação nos cursos de arquiteturas e engenharias, apresentando uma série de aplicações práticas. Aliás, em “Geometria solar na escola: uma prática com cartas solares”, os autores apresentam um estudo

sobre o movimento diário do Sol a partir de cartas solares - diagramas que representam o movimento diário do Sol, porém, a partir de projeções em um plano. Nesse estudo os autores sugerem algumas atividades com cartas solares que poderiam ser testadas, talvez, já com alunos dos anos finais do ensino fundamental, mas, principalmente, com alunos do ensino médio, pois esse assunto requer uma maior base de conhecimento e um maior nível de abstração dos participantes.

3.5.1 A formação continuada com professores: o que dizem algumas pesquisas

O educador em ciências, físico e matemático Magno Barbosa Dias, na companhia do também educador em ciências e físico Yassuko Housome, desenvolveu um curso de astronomia pensando na formação de professores da Educação de Jovens e Adultos (EJA). A avaliação do curso foi realizada por quatro professores de ciências e de Física da EJA da cidade de Teófilo Otoni–MG. “A proposta de ensino constante no curso é justificada pela necessidade de conhecimento sobre astronomia como instrumento de leitura do mundo atual” (Dias e Housome, 2011, p. 1).

Conforme os educadores em ciências, o curso foi avaliado quanto à estrutura, aplicabilidade e a carência de formação de professores em relação a sete temas: “1) O que existe no céu?; 2) Espaço-Tempo; 3) Construindo uma constelação; 4) Localizando o Cruzeiro do Sul; 5) Observando o Céu; 6) O Sistema Solar; e 7) Tem alguém aí?”.

A avaliação do curso, apesar de positiva, só foi possível depois de muito esforço, uma vez que muitas foram as dificuldades para encontrar professores de EJA disponíveis, seja para aplicar o curso em sala de aula, seja para participar da avaliação da proposta de formação continuada de professores. As alegações dos cursistas giraram em torno de três justificativas centrais: “a) não havia tempo para planejar as aulas; b) não havia tempo dentro do currículo da escola para trabalhar a proposta; c) havia insegurança em relação ao tema por falta de domínio do conteúdo na área temática.” (Dias; Housome, 2011, p. 4).

Percebemos que o curso de formação continuada previu, dentre outras atividades, a construção de modelos ou de maquetes para as constelações de Órion, Escorpião e Cruzeiro do Sul, auxiliando no estudo e na compreensão sobre a

distância dos astros no espaço. “Trata-se de uma atividade com enfoque científico-cultural na qual uma mesma região do céu é reconhecida e mapeada de forma exclusiva por diferentes culturas” (Dias; Housome, 2011, p. 3).

O estudo previu ainda atividades de observação noturnas, nas quais os professores aprenderam a se orientar por meio de cartas celestes, realizando observações das constelações trabalhadas anteriormente e registrando-as em um relatório. Entretanto, os autores não fizeram em seu quadro teórico qualquer menção ao conceito de modelo ou ao ensino baseado em modelos.

A educadora em ciências e física Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho, em companhia da também educadora em ciências e física Jesuína Lopes de Almeida Pacca (2012), identificou as concepções dos professores da educação básica sob o uso de espaços não-formais de aprendizagem, durante um curso de formação continuada denominado “Curso de Astronomia – Experimentação, debates e construção de modelos”, realizado na Universidade Federal de São Paulo (USP). O curso envolveu a realização de debates, observações do céu, visita a observatório e a construção de modelos em escala.

No ensino formal que ocorre numa sala de aula essa atividade não deve necessariamente considerar só o aspecto lúdico e motivacional. A observação do céu, numa situação em que o objetivo é desenvolver os modelos físicos que explicam os fenômenos observados, pode ser acompanhada de registros e organização das observações com vistas a definir parâmetros físicos adequados e relacioná-los (Carvalho; Pacca, 2012, p. 313).

Conforme as educadoras, os docentes reconhecem a potencialidade dos espaços não formais de aprendizagem como complementares à sala de aula, entretanto, não reconhecem estes espaços como um lugar propício para as aprendizagens dos conteúdos curriculares. A motivação e a predisposição para a aprendizagem são os aspectos mais relevantes apontados pelos participantes.

Carvalho e Pacca (2012) consideram que os cursos de formação de professores envolvendo conteúdos de astronomia, em espaços não formais de aprendizagem, como, por exemplo, em planetários, observatórios, museus, centros de ciências, não devem focar apenas no ensino dos conteúdos em si, mas em métodos e metodologias para esse ensino, contextualizando com o que é visto em sala de aula. Entretanto, observa-se que as autoras também não trouxeram em seu quadro

teórico nenhuma referência ao conceito de modelo ou ao ensino baseado em modelos.

Outro grupo de educadores em ciências e físicos, formado por: Ariane Braga Oliveira, Alberto Luís Dario Moreau, Vicente Pereira de Barros e Daniel Fernando Bovolenta Ovigli (Oliveira *et al.* 2013), desenvolveu um curso de extensão voltado à formação continuada de professores no ensino de astronomia. A formação foi desenvolvida na cidade de Itapetininga–SP e envolveu docentes da rede pública estadual e municipal que atuavam no Ensino Fundamental. Das 45 vagas ofertadas, apenas nove foram ocupadas, predominantemente, por docentes da rede estadual, profissionais com formações distintas, em Ciências, Física e Geografia.

Os educadores em ciências notaram bastante insegurança nos docentes em trabalharem com temas de astronomia, mesmo daqueles professores de ciências com licenciatura em matemática e habilitação em ciências, profissionais que supostamente teriam maior facilidade devido à formação nas exatas. O curso teve 12 encontros, 100 horas de carga horária, com aulas presenciais e a distância, envolvendo inúmeras atividades experimentais e oficinas.

Utilizando alguns simuladores (*Stellarium, Celestia, Skymaps*), trabalharam na explicação de conceitos mais difíceis como translação e rotação dos planetas, estações do ano, eclipses, movimento relativo das estrelas e planetas. Em atividades experimentais, utilizando materiais de baixo custo, construíram astrolábios, relógios solares, telescópios e usaram um gnômon para medir a sombra solar. Em observações noturnas, a olho descampado, identificaram algumas constelações no céu e posteriormente usaram alguns instrumentos: lunetas, câmeras fotográficas e telescópios.

Por fim, concluíram que o sucesso do curso só foi possível devido ao trabalho interdisciplinar realizado e do auxílio de estudantes de física e de membros do grupo de pesquisa da física, resultando em diversos materiais didáticos que poderão ser utilizados pelos cursistas em suas escolas.

O estudo de Oliveira *et al.* (2013), apesar de usar e construir modelos durante as atividades, também não considerou em seu quadro teórico o conceito de modelo ou o ensino baseado em modelos.

Outro grupo de pesquisadores, composto pelo professor de matemática, Isaac Silva Santos, pelos licenciados em física Maurício da Silva São Pedro e Robenil dos Santos Almeida, e pelo educador em ciências e físico Glênon Dutra

(Santos *et al.* 2014, p. 4) identificou as principais concepções prévias de alunos de Pedagogia e de Filosofia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) sobre questões básicas de astronomia, durante um curso de formação continuada denominado “Astronomia para o Ensino Fundamental”. Os estudantes, futuros professores do Ensino Básico, apresentaram crenças comuns e informações incompletas sobre conteúdos de astronomia, infelizmente ainda pouco trabalhados em suas graduações.

Os temas trabalhados foram, entre outros: planeta Terra; estações do ano; ciclo dia/noite, momento em que foram abordados a forma da Terra e seus principais movimentos (rotação e translação). Sistema solar; estrelas, constelações e observação celeste também estiveram em pauta. Trabalharam ainda sobre as dimensões, distâncias, características dos astros e observação de constelações.

O curso exigiu dos participantes a representação por meio de desenhos do planeta Terra para explicar, entre outras questões, a diferença entre as estações do ano nos dois hemisférios.

Quando perguntados sobre os efeitos dos movimentos de rotação e translação da Terra, três alunos citaram a ocorrência dos dias e das noites para o movimento de rotação e os demais responderam que não sabiam. Já para o movimento de translação, apenas dois alunos responderam que seriam as estações do ano, e o restante não respondeu (*Ibid.*, p. 5).

Os pesquisadores perceberam que muitas das respostas dos graduandos não passavam de simples repetições dos livros didáticos, pois, mesmo afirmando que as estações do ano estão ligadas à inclinação do eixo da Terra, não conseguiam explicar as estações em ambos os hemisférios. Para sanar as dúvidas dos cursistas, aprofundaram a temática por meio de uma apresentação de slides, discutindo a forma da terra e seus principais movimentos. Fizeram também uma visita a um planetário e utilizaram o *software Stellarium* para fazer simulações.

Em outra questão pretenderam saber se “Todos os dias o Sol passa pelo ponto mais alto do céu ao meio-dia?”. Apenas três responderam que não; quatro, que sim; e dois não responderam. Mudada a pergunta: “Em qualquer lugar da Terra sabemos que é meio-dia se o Sol estiver exatamente acima de nossas cabeças?”, os cursistas dividiram-se em dois grupos, cinco que acreditavam que isso não era possível em todos os lugares da Terra, e quatro que acreditavam que sim.

Santos *et al.* (2014) esperam que outras universidades e instituições federais de ensino voltem seus esforços em prol do ensino de astronomia, reformulando seus currículos, principalmente para graduandos em pedagogia e ensino de ciências, os quais sofrem muito pela falta de conteúdos de astronomia em seus currículos.

O estudo de Santos *et al.* (2014), apesar de ter sugerido a construção de desenhos para explicação da estrutura e do funcionamento dos objetos celestes, não considerou em seu quadro teórico o conceito de modelo ou sequer fez qualquer menção à metodologia de ensino baseada em modelos.

Outro grupo de pesquisadoras, composto pela educadora em ciências e física Sônia Elisa Marchi Gonzatti, pelas educadoras em ciências e matemáticas Marli Teresinha Quartieri e Ieda Maria Giongo, pela educadora em ciências e química Jane Herber e pela bolsista Alana Gerhardt (Gonzatti *et al.* 2014), promoveu um curso de extensão destinado à formação continuada de professores dos Anos Iniciais, com a proposta de algumas temáticas astronômicas básicas como, por exemplo, movimentos da Terra, ciclo dia/noite e estações do ano. As pesquisadoras tiveram como objetivo desenvolver atividades de construção de modelos que contribuíssem para as concepções dos docentes, ao mesmo tempo, oferecendo uma proposta metodológica para ser aplicada em sala de aula.

Dentre tais atividades, destacam-se algumas: a construção de um modelo tridimensional para representar a configuração do sistema solar; outro modelo para discutir as causas e consequências das estações do ano e também foi proposta uma atividade de construção do sistema solar em escala (Ibid., 2014, p. 3).

Os professores cursistas em formação continuada em sua grande maioria eram pedagogos, motivo pelo qual, segundo as pesquisadoras, apresentaram maiores dificuldades conceituais com relação ao entendimento sobre objetos astronômicos. As suas maiores dificuldades estavam na abstração dos conteúdos, na realização de experiências visuais, nas medidas de distâncias e tamanhos. Praticamente metade dos participantes já trabalharam com algum tema de astronomia nos anos iniciais, entre os mais citados, em ordem de importância, foram: astros em geral (Sol, Lua, planetas), movimentos da Terra; universo e formação; estações do ano; dia e noite; eclipses.

Após a formação, os cursistas pedagogos foram estimulados a aplicar as atividades aprendidas durante o curso, com seus alunos. Conforme as

pesquisadoras apontaram, a partir da avaliação das atividades e dos relatórios feitos pelos cursistas, pedagogos, eles fizeram uso de inúmeras atividades práticas de astronomia, facilitando a compreensão dos seus alunos. Os assuntos mais trabalhados por eles foram: sistema solar; ciclo dia/noite; estações do ano; pontos cardeais. Entre os materiais utilizados, encontram-se: desenhos, vídeos, apostilas, bolinhas de isopor e lâmpada, construção de relógio de sol com material reciclável e construção de maquetes.

O estudo de Gonzatti *et al.* (2014) também se pautou na construção de vários tipos de modelos em suas atividades. As autoras, porém, também não usaram no seu quadro teórico o conceito de modelo ou sobre a metodologia de ensino baseada em modelos.

Já o grupo de educadores em ciências composto pela pedagoga Andréia Fernandes Prado e pelo físico Roberto Nardi investigou os saberes docentes de professores do ensino fundamental do município de Bauru–SP durante um curso de formação continuada em astronomia, em um projeto de extensão denominado “O Diário do Céu - Introdução à Astronomia para Professores da Educação Básica” (Prado; Nardi, 2020, p. 106). O objetivo do curso foi oferecer recursos teóricos e práticos para o Ensino de Astronomia, possibilitando aos cursistas uma visão crítica e reflexiva da Astronomia. Na oportunidade os professores construíram um guia de observação celeste, fazendo registros das modificações ocorridas com os astros no céu, mediante desenhos ou de relatos escritos.

No estudo, os educadores em ciências perceberam a necessidade de cursos que trabalhem com conteúdos de astronomia e que possam contribuir com os saberes curriculares dos professores do fundamental, uma vez que geralmente esses profissionais são oriundos das áreas das humanas, da pedagogia e de áreas afins, os mais prejudicados por não terem em suas graduações conteúdos astronômicos em seus cursos. Concluíram, por fim, que os docentes mobilizaram diversos saberes docentes, principalmente os saberes disciplinares.

Percebemos que Prado e Nardi (2020) também promoveram o uso de modelos ao solicitar que os alunos fizessem desenhos para registrar as efemérides, porém, também não mencionaram sobre o conceito de modelo ou sobre o ensino baseado em modelos.

Em um estudo mais analítico, outro grupo de educadores em ciências, composto pelo físico Daniel Trevisan Sanzovo, pela bióloga Maria Luiza Cavalcante

Gonçalves, pela assistente social Vanessa Queiroz e pelo biólogo Lucken Bueno Lucas (Sanzovo *et al.*, 2020), identificou as principais estratégias metodológicas para o Ensino de Astronomia no Brasil, envolvendo cursos de formação de professores, publicadas na última décadas (2011-2018) na conceituada Revista Latino Americana de Educação em Astronomia (RELEA) e no prestigiado Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA). Realizaram uma análise criteriosa em mais de 500 trabalhos, e encontraram apenas 38 destinados à formação inicial e continuada de professores.

Após uma investigação qualitativa nos documentos encontrados, os pesquisadores perceberam uma diversidade de métodos, os quais dividiram em 15 categorias de análise.

Ao todo foram estabelecidas quinze categorias: Aulas Expositivas (C01), Estratégia Não Formal de Ensino (C02), Leitura e/ou Produção de Textos (C03), Produção de Material Didático (C04), Atividades Investigativas (C05), uso de Modelos 3d e/ou Práticas de Ensino (C06), Observação do Céu (C07), Imersão em Grupo de Pesquisa (C08), Utilização de Softwares e/ou Internet (C09), Uso de Ambientes Virtuais (C10), Diversidade Representacional (C11), Ensino Crítico (C12), Lúdico e/ou Dramatização (C13), uso de Vídeos (C14), e Apresentação de Seminários (C15) (Ibid., p. 79).

A partir da análise dessas categorias, Sanzovo *et al.* (2020) perceberam uma multiplicidade de métodos empregados pelos especialistas e pesquisadores da área, os quais se dedicaram em contribuir com melhorias no Ensino de Astronomia, considerado ainda muito deficitário no Brasil. Em escala de frequência, os dados apontaram para 63,2% dos trabalhos envolvendo aulas expositivas; 34,2% uso de modelos 3d e/ou práticas de ensino; 31,6% observação do céu; 26,3% estratégia não formal de ensino; 18,4% produção de material didático; 15, 8% atividades investigativas.

Os pesquisadores acreditam que a utilização de uma variedade de métodos e estratégias de ensino de astronomia na formação de professores, inicial e continuada, é algo positivo, podendo “levar os aprendizes a atingirem níveis de significados científicos mais profundos acerca do tema estudado” (Sanzovo *et al.*, 2020, p. 80).

O levantamento do grupo de Sanzovo *et al.* (2020) mostra-nos que o uso de modelos em atividades de ensino de astronomia parece estar em crescimento,

perdendo apenas para o ensino tradicional que ocorre via aulas expositivas, infelizmente ainda predominante no ensino-aprendizagem de astronomia no Brasil.

Mais recentemente, os educadores em ciências e físicos Alessandra Daniela Buffon, Marcos Cesar Danhoni Neves e Ricardo Francisco Pereira (Buffon *et al.*, 2022) apuraram a percepção de professores de ciências de Maringá–PR sobre como se dá o ensino de astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental. Constataram que existem inúmeros problemas, entre os quais cabe destacarmos aqueles relativos à formação inicial: os denominados conhecimentos disciplinares de astronomia, praticamente inexistentes nos currículos dos cursos de graduação de biologia e de outras licenciaturas. Por outro lado, na formação continuada, os problemas estão relacionados à falta de motivação, de interesse ou de tempo.

Em relação aos conhecimentos metodológicos, os problemas estão ligados ao tipo de abordagem: normalmente tradicional, sem qualquer reflexão crítica. Quanto ao tipo de fontes de pesquisa, são geralmente obtidas por meio de sites de internet duvidosos. Outro problema seria a escassa divulgação de pesquisas acadêmicas no meio escolar. Já quanto ao tipo de recursos utilizados, observa-se a predominância do livro didático e a carência de outros materiais pedagógicos e de atividades práticas.

Em relação aos conhecimentos curriculares, os desafios dizem respeito aos documentos da educação básica: normalmente construídos por especialistas, mas sem formação pedagógica em astronomia. Cabe destacar ainda o desafio dos livros didáticos de ciências, os quais ainda apresentam um currículo tradicional em suas coleções, restringindo a astronomia às disciplinas da biologia ou da física, quando deveriam fomentar a interdisciplinaridade. Os autores acreditam que:

Para superar a carência da formação inicial, é necessário que todos os professores de Ciências que não tiveram tópicos de Astronomia em sua formação realizem um curso de aperfeiçoamento com especialista na área de Astronomia e que tenha conhecimento pedagógico. Esses cursos precisam ser oferecidos por meio de políticas de incentivo aos professores a realizarem cursos de formação continuada por meio da Secretaria da Educação dos estados e municípios. (Ibid., 2022, p. 14).

Analisando monografias, o grupo de educadores em ciências composto pela bióloga Telma Augusta Diniz, pelo físico e filósofo Michel Corci Batista, pela física Alessandra Daniela Buffon e pelo pedagogo, matemático e cientista da informação André Dias Martins (Diniz *et al.* 2022), investigou as produções acadêmicas que

versavam sobre o ensino de astronomia na formação de professores dos anos finais do Ensino Fundamental. Pesquisaram na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) todos os trabalhos publicados na última década (2010-2020), utilizando as seguintes palavras-chave: “formação de professores de ciências”; “ensino de astronomia”; “ensino fundamental”. Encontraram apenas 10 dissertações dentro dos critérios de inclusão/exclusão utilizados. A partir da análise desses trabalhos, concluíram que a formação de professores dos anos finais do Ensino Fundamental em relação ao Ensino de Astronomia ainda é bastante tímida, sendo necessária a realização de mais pesquisas acadêmicas. Além disso, acreditam que a formação de professores, inicial e continuada, deve procurar a superação de obstáculos do Ensino de Astronomia, servindo como base teórico-metodológica para o saber astronômico ensinado pelos professores.

Pesquisando os documentos oficiais, o grupo de educadores em ciências e físicos Luciano Slovinski, Alan Alves-Brito e Neusa Teresinha Massoni (Slovinski; Alves-Brito; Massoni, 2023) analisou o currículo da formação inicial de professores de Ciências no Brasil, a fim de identificar como o Ensino de Astronomia está nele inserido. Verificaram existir uma contradição entre as propostas governamentais e como de fato o Ensino de Ciências vem ocorrendo. Isto é, enquanto a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê um ensino interdisciplinar para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a formação inicial de professores vem ocorrendo de maneira disciplinar.

Os educadores em ciências localizaram as Instituições de Ensino Superior (IES) e seus respectivos formandos dos cursos de licenciaturas em Física, Química e Biologia durante o ano de 2020 no Brasil e cruzaram essas informações com os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas (INEP). Após o tratamento dos dados, a pesquisa revelou que as disciplinas de astronomia aparecem com maior frequência no currículo dos cursos de física, porém, devido ao seu pequeno percentual de formandos, “pouco contribui para melhorar o cenário do Ensino de Astronomia no Brasil” (Ibid., p. 22). Por outro lado, apesar de os cursos de Biologia e Química terem formado muito mais profissionais, comparados aos da Física, uma pequeníssima parcela teve acesso às disciplinas de Astronomia.

Apesar dos antigos currículos escolares dessas disciplinas tradicionalmente não abrangerem conteúdos de Astronomia, com a BNCC, os professores possuidores dessa titulação podem lecionar as disciplinas de Ciências (EF) e

Ciências da Natureza (EM), onde os assuntos relacionados à Astronomia aparecem em profusão, principalmente na porção que compreende o EM. Com isso, é plausível dizer que sentirão dificuldades no exercício da docência, pois apresentarão lacunas em sua formação inicial – com formação disciplinar, terão que atuar num cenário que preconiza a interdisciplinaridade –, o que pode resultar em insegurança para tratar de temas de Astronomia em sala de aula (Ibid., p. 22).

Os pesquisadores consideram ainda de suma importância que os currículos dos cursos dessas licenciaturas sejam revistos e que sejam incluídas disciplinas de Astronomia.

A partir dos estudos dos especialistas e pesquisadores mencionados, observamos algumas iniciativas de formação continuada relevantes, que buscaram contribuir com o Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. Os autores consultados neste capítulo destacaram a importância de formações continuadas que visem solucionar lacunas deixadas na formação inicial de professores.

As atividades propostas nos cursos de formação continuada variam, incluindo desde a construção de modelos até observações do céu e uso de tecnologias como softwares e simulações. Entretanto, é importante ressaltar que, apesar do uso de modelos e práticas de ensino diversificadas, muitos estudos não abordam explicitamente o conceito de modelo ou a metodologia de ensino baseada em modelos em seus quadros teóricos.

Um aspecto comum entre essas pesquisas é a constatação das dificuldades enfrentadas pelos professores, tanto em relação ao domínio dos conteúdos específicos de astronomia quanto em relação às metodologias de ensino mais adequadas. Além disso, a falta de tempo, a falta de recursos e a insegurança dos docentes são desafios frequentemente mencionados.

Outro aspecto relevante é a diversidade de métodos e estratégias de Ensino de Astronomia identificada em algumas pesquisas, sendo algo bastante positivo, pois pode contribuir para uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos pelos alunos. No entanto, é fundamental que essas abordagens sejam acompanhadas de reflexões críticas sobre o ensino e aprendizagem, além de considerarem as especificidades do contexto escolar e das necessidades dos professores.

Diante das lacunas encontradas na formação inicial dos professores, acreditamos ser de suma importância o desenvolvimento e fortalecimento de políticas públicas e iniciativas institucionais que promovam a formação (inicial e

continuada) em Ensino de Astronomia: estudos que tenham como foco principal a superação de obstáculos didático-pedagógicos e a busca por melhorias na qualidade do saber ensinado nas escolas.

4 A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A teoria da transposição didática surgiu na França em meados da década de 80, a partir dos estudos do didata das matemáticas Yves Chevallard (2005, p. 11), que chamou a atenção para as modificações sofridas pelo saber matemático após deixar o seu contexto de origem no “*savoir savant*” ou “saber sábio”, quer dizer, ao ser transposto da ciência matemática para o “*savoir enseigner*” ou “saber a ensinar”, quer dizer, para o Ensino de Matemática e, depois, ao ser transposto deste para o “*savoir enseigné*” ou “saber ensinado”, isto é, para o ensino escolar. A origem da noção de “transposição didática” é atribuída ao sociólogo francês Michel Verret, de sua tese de doutorado “*Le temps des études*”, publicada em 1975, a qual teve grande influência na construção da epistemologia Chevallardiana (Leite, 2004. p. 45); teoria que, segundo Leite (idem), só passou a ser mais conhecida no Brasil a partir da versão espanhola “*La transposición Didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*”, obra que nos fundamentamos para situar os objetos do saber astronômico³.

Tamanha importância para a didática das Ciências foi reconhecida pelos conceituados educadores franceses Jean-Pierre Astolfi (1943-2009) e Michel Develay:

O conceito de transposição didática está, há alguns anos, em plena emergência no campo da didática das ciências. Passou a ocupar desde então, assim como o de representação, um lugar central, apesar de sua história ser nitidamente diferente (Astolfi; Develay, 1990, p. 43-4).

Logo no prefácio de sua obra, a fim de exemplificar a origem do seu modelo teórico e mesmo sem dar muitos detalhes, Chevallard (2005, p. 8) comenta sobre a realização de uma análise de transposição didática sob o “conceito de distância (entre dois pontos)”, noção que se utiliza, segundo ele, de modo espontâneo no ensino escolar de matemática há muito tempo⁴. Conforme os didatas da ciência

³Apesar de a teoria da transposição didática ser uma teoria construída para pensar a didática das matemáticas, seu emprego apareceu em outras áreas. “O que é ainda mais notável é que o conceito se difundiu mais além da comunidade de didatas das matemáticas: o reencontramos hoje na didática da física, inclusive entre aqueles que exercem alguma atividade de intervenção no sistema educacional” (Chevallard, 2005, p. 11, tradução nossa).

⁴Conforme Chevallard (2005), considerando a estrutura do sistema educativo francês (Ibid., p. 10), a noção de distância foi introduzida no ano de 1971 “no programa da classe do quarto curso” (Ibid., p.46), o que seria equivalente ao sétimo ano do Fundamental no Brasil (*Le collègue, Quatrième*, 13-14 anos, Cf. p.10).

Astolfi e Develay (1995, p. 48), trata-se de um conceito matemático que se originou inicialmente no contexto do saber sábio, em 1906, introduzido pelos estudos do matemático Maurice Fréchet; objeto do saber sábio que só posteriormente, em 1971, adentrou a instância do saber a ensinar, nos programas de ensino da sétima série do educandário francês, porém, notavelmente modificado, estabelecendo agora uma “relação com a reta”, o que conseqüentemente alterou a noção de semelhança “que estava no coração do conceito de Fréchet”⁵.

Assim, em sua análise, o didata das matemáticas percebeu a existência de um movimento em torno do saber científico, movimento que o levará mais tarde a passar por reelaborações e adaptações necessárias que o farão apto a fazer parte dos objetos de saber a ensinar; objeto que possui “seu tratamento didático modificado com os anos [escolares] a partir de sua designação como objeto a ensinar: continua o ‘trabalho de transposição’” (Chevallard, 2005, p. 46).

Portanto, sustentam os educadores em ciências Astolfi e Develay (1995), foi assim que Yves Chevallard constatou a existência de duas epistemologias do saber, uma baseada nos saberes de referência, e outra, nos saberes escolares. Diríamos que, além disso, parece ter sido a partir desse ponto que o didata das matemáticas encontrou uma definição mais geral para este processo de transposição didática; o qual não se limita apenas à designação e à construção de objetos a serem ensinados, mas também à análise desse movimento que o transformará, por fim, em um objeto escolarizado ou objeto de ensino.

A transformação de um conteúdo de saber preciso em uma versão didática desse objeto de saber pode denominar-se mais apropriadamente "**transposição didática *stricto sensu***". Porém, o estudo científico do processo de transposição didática [*que é uma dimensão fundamental da didática das matemáticas*] supõe ter em conta a **transposição didática *lato sensu***, representada pelo esquema:

> **objeto de saber** > **objeto a ser ensinado** >
objeto de ensino. (Chevallard, 2005, p. 46. Tradução nossa, grifo nosso).

Os termos “objetos de saber”, “conteúdo de saber preciso” foram utilizados por Chevallard para falar daqueles objetos ou conteúdos pertencentes à ciência matemática, os quais ele divide em “noções matemáticas, noções paramatemáticas e noções protomatemáticas” (Silva, 2011, p. 76) para exemplificar as distintas

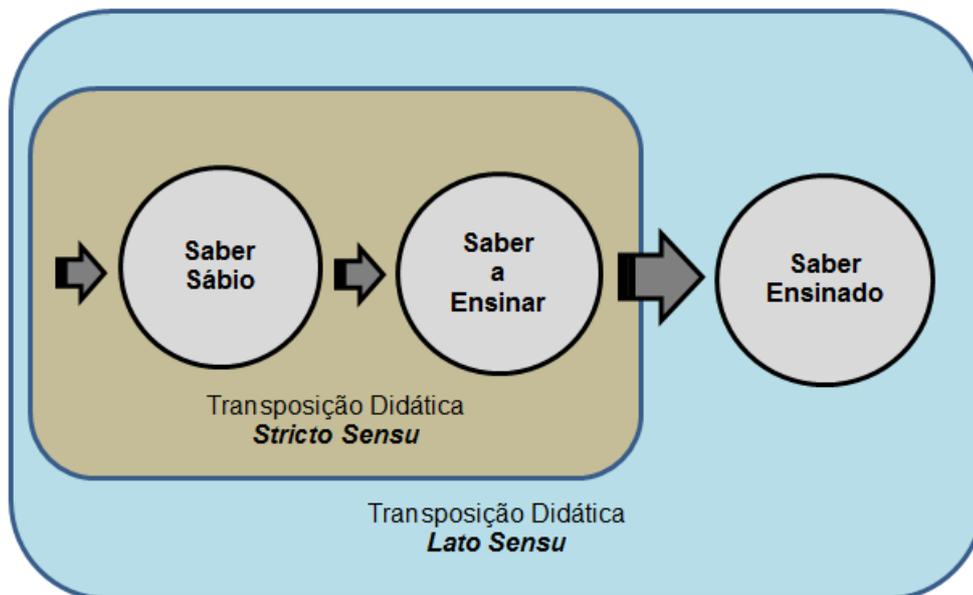
⁵Para uma ilustração sobre o conceito matemático de distância entre dois pontos, e as transformações sofridas para se adequar ao ambiente escolar, veja um exemplo em (Pinto Leivas; Noronha Cury, 2012).

categorias e modos como os objetos matemáticos são ensinados na escola. Assim, enquanto as noções matemáticas, tal como “a adição, o círculo, a derivação [...]” (Leite, 2004, p. 57), e as noções paramatemáticas, a exemplo da demonstração: “Se p é um número ímpar, então p^2 é ímpar” (Silva, 2011, p. 76), são noções normalmente trabalhadas em sala de aula de modo “explícito” pelo professor; as noções protomatemáticas aparecem de modo “implícito”, portanto, normalmente ligadas a questões de aplicação das noções matemáticas ou paramatemáticas e a competências a serem desenvolvidas (Leite, 2004, p. 57).

4.1 Transposição Didática: um amplo trabalho que visa levar o saber da Ciência para Escola

Observemos este esquema do trabalho na transposição didática em sentido mais estrito - o ***Stricto Sensu*** - e em sentido mais amplo - ***Lato Sensu***, adaptado do trecho anterior (Figura 7).

Figura 7 - Esquema do processo (restrito e amplo) do trabalho de transposição didática do saber



Fonte: Ilustração nossa (2024).

Conforme o esquema, observamos a existência de três instâncias nesse movimento de transposição do saber: a do saber sábio (acadêmico, erudito, científico), designando o local da origem do saber, o qual se encontra diretamente relacionado à ciência e ao trabalho dos cientistas. Saber que se desenvolve atrelado

às universidades, laboratórios de pesquisa e a grupos de pesquisa; que se encontra estruturado em uma cultura e linguagem específica (a científica), com implicações em vários setores: econômico, político, tecnológico, educacional, etc. (Silva, 2011).

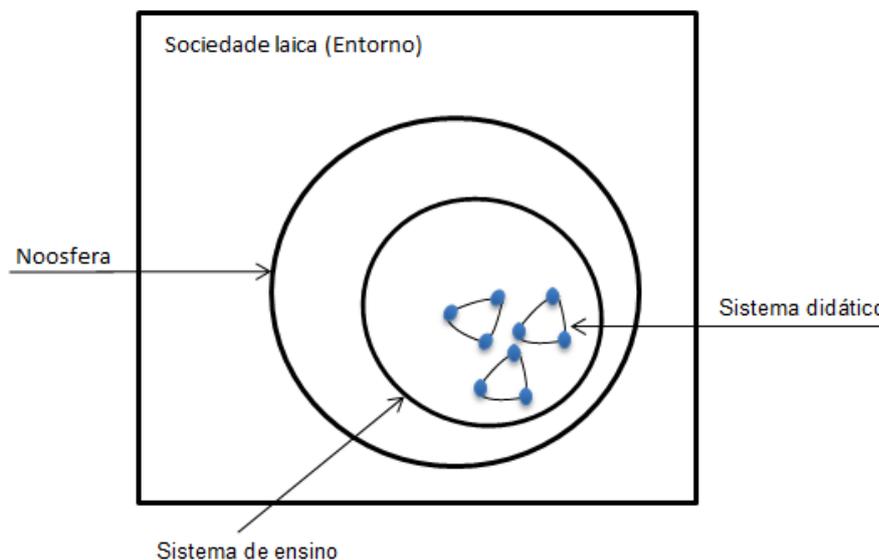
Considerando o âmbito educacional, adquire papel de destaque, pois é com base no conhecimento científico que os pesquisadores e especialistas desenvolvem seus projetos educacionais, metodologias de ensino, objetos de ensino e demais planejamentos. Ou seja, é com base no saber acadêmico que os pesquisadores pensam e desenvolvem o saber a ensinar, o qual deve ser utilizado pelo professor escolar no preparo de suas aulas. Contudo, esse trabalho exige uma atenção especial, por exemplo, à problemática da linguagem científica presente nos materiais de pesquisa, visto que “o saber científico não pode ser ensinado na forma como se encontra redigido nos textos técnicos, essa questão se constitui num obstáculo que deve ser considerado no processo da aprendizagem” (Pais, 1999, p. 22). Assim, na transposição do saber sábio para o saber a ensinar é preciso “um trabalho didático efetivo a fim de proceder a uma reformulação, visando à elaboração de uma prática educativa” (Pais, 1999, p. 22).

4.2 Noosfera: a camada decisória do saber a ensinar

Conforme Chevallard (2005, p. 45) é assim que todo e qualquer processo educativo de ensino-aprendizagem “se constitui dialeticamente com a identificação e a designação de conteúdos de saberes como conteúdos a ensinar”. Mas, esse é um aspecto mais restrito do processo da transposição didática. Ele envolve um trabalho de transposição didática “externo”, um trabalho de decisão sobre os objetos de saber a ensinar, diretamente influenciado pela “noosfera” (Figura 8), espaço social localizado entre a “sociedade laica” e o “sistema de ensino”, em oposição ao trabalho de transposição “interno” o qual ocorre no interior de um sistema de ensino, local onde o professor escolar desenvolve o saber ensinado com seus alunos, mediante um “sistema didático”.

É esta, pois, [a noosfera] que realizará a seleção dos elementos de saber sábio que, designados como ‘saber a ensinar’, serão então submetidos ao trabalho de transposição; também é esta que vai assumir a parte visível desse trabalho, o que podemos chamar trabalho **externo** da transposição didática, em oposição ao trabalho **interno**, que se realiza no interior do sistema de ensino, muito depois da introdução oficial dos novos elementos de saber ensinado (Chevallard, 2005, p. 36, tradução nossa, grifo nosso).

Figura 8 - Esquema da Noosfera



Fonte: Adaptado de Chevallard (2005, p. 28).

A noosfera seria o “centro operacional do processo de transposição” (Chevallard, 2005, p. 34), a região onde acontecem as negociações e os conflitos relativos aos saberes a serem ensinados e as decisões sobre a sua compatibilidade com as exigências das sociedades: que de um lado conta com a participação da “sociedade de especialistas”, representada pelos grupos de cientistas, pesquisadores, especialistas e, principalmente, pelo Ministério da Educação e órgãos subordinados, aparecem como “os principais responsáveis por decidir quais saberes devem ou não ser transpostos para os livros didáticos ou outros materiais destinados ao ensino” (Silva, 2011, p. 66). Nesta sociedade podemos encontrar ainda os professores escolares, geralmente os responsáveis pela análise e escolha desses materiais para o preparo do seu saber ensinado; de outro lado temos, representada pelos pais dos alunos e seus familiares ou responsáveis, a “sociedade laica” ou o “entorno” (Chevallard, 2005, p. 27-8).

Na noosfera, pois, os representantes do sistema de ensino, com ou sem mandato (desde o presidente de uma associação de professores até o simples professor militante) se encontram direta ou indiretamente com os representantes da sociedade (os pais de alunos, os especialistas da disciplina que militam em torno do seu ensino, os emissários dos órgãos políticos) (Chevallard, 2005, p. 28-9, tradução nossa).

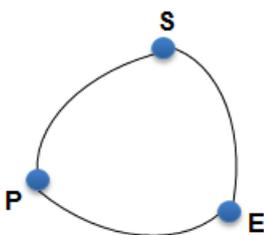
4.3 O sistema didático e o papel do professor na elaboração do saber ensinado

Conforme Chevallard (2005, p. 25-30), um “sistema didático” é um sistema de estudo formado no interior de um “sistema de ensino”, representado pela relação triádica “professor, alunos e saber ensinado” e seu principal objetivo é, através do professor escolar, oportunizar o estudo de um determinado objeto de saber a ensinar, a fim de transformá-lo em seguida em um objeto ensinado, ensinável ou escolarizado. Esta última etapa do processo de transposição exigirá do professor escolar o desenvolvimento de uma prática educativa, que deverá obedecer ao processo da “preparação didática” (Chevallard, 2005, p. 68) que discutiremos em seguida.

Conforme Leite (2004, p. 54) o termo didático utilizado por Chevallard é sinônimo de estudo, visto que didática significa “ciência do estudo” ou “ciência do didático”, logo, envolveria um processo de intencionalidades. “Existe o didático quando um sujeito Y tem a intenção de fazer com que nasça ou se modifique, de alguma maneira, a relação de um sujeito X com um objeto O” (Chevallard, 1991, p. 207 *apud* Leite, 2004, p. 54). Uma concepção muito parecida com a concepção de ensino apresentada pelo sociólogo britânico Paul Hirst (1946-2003), que sustentou que uma atividade de ensino é uma atividade carregada de intencionalidade a qual depende de um professor (A), visando desenvolver uma aprendizagem em um estudante (B) a respeito de um objeto (Y), em que Y pode ser uma crença, um comportamento, uma aptidão (Silva, 2012).

Observemos o esquema do sistema didático apontado pelo didata francês (Figura 9):

Figura 9 - Representação do sistema didático em relação triádica: P = Professor, E = Estudante, S = Saber ensinado



Fonte: Adaptado de Chevallard (2005, p. 26).

Um sistema de ensino conteria os “n” sistemas didáticos possíveis e sua principal função é intervir e controlar as suas relações a partir de “um conjunto de dispositivos estruturais que permitem o funcionamento do ensino e nele intervêm em vários níveis” (Chevallard, 2005, p. 27); estaria também sob sua demanda realizar o controle dos fluxos de alunos entre os sistemas didáticos, conforme os anos escolares, conforme as habilidades e competências a serem desenvolvidas, entre outras funções complexas não especificadas pelo autor. Conforme Leite (2004, p. 50) a teoria da transposição didática proposta por Chevallard “vem corrigir um equívoco da reflexão pedagógica: a secundarização da discussão dos saberes escolares”, normalmente preocupada apenas com as relações diádicas estabelecidas entre professor e alunos, alunos e professor, mas sem problematizar o saber ensinado. Assim, a teoria Chevallardiana chama a atenção para uma ampliação dessa reflexão na prática educativa, a qual deverá considerar também as especificidades epistemológicas do saber ensinado em um sistema didático, de modo que o professor consiga exercer a sua “vigilância epistemológica”.

Para o professor, [a transposição didática] é um instrumento que permite repensar, tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da enganosa familiaridade de seu objeto de estudo. Em uma palavra, o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica (Chevallard, 2005, p. 16).

Conforme Silva (2011) a noção de vigilância epistemológica a ser exercida durante o trabalho de transposição do saber a ensinar para o saber ensinado vem justamente para auxiliar o professor nesta percepção de que os saberes presentes nos materiais didáticos, livros didáticos, modelos didáticos, do qual ela se baseia para preparar as suas aulas, são frutos de uma reinvenção, de uma adaptação, de uma reelaboração, ou melhor, de uma recontextualização dos objetos do saber sábio. Assim, concorda com Alves Filho e colaboradores (2001, p. 88), visto que negar ou ignorar tal constatação “é aceitar os conteúdos científicos contidos nos livros didáticos como uma reprodução fiel da produção científica do homem”. Nesse sentido, sugere atenção com o material didático utilizado na preparação do saber ensinado, pois em certos casos podem não passar de mera simplificação de objetos do saber científico. De qualquer modo, o trabalho na “[...] transposição didática consiste, portanto, em extrair um elemento do saber de seu contexto (universitário, social, etc.) para situá-lo no contexto sempre singular e único, da própria sala de aula” (D’Amore, 2005, p. 101).

4.4 O processo da elaboração didática do saber ensinado

Se o saber a ensinar tem como base o saber sábio, então ele deverá servir de base científica para o saber ensinado, ou seja, ele deverá servir de sustentação para o trabalho do professor que, antes de desenvolver a sua prática de ensino-aprendizagem, deverá submeter seu objeto do saber a ensinar ao processo da elaboração didática, transformando-o em saber ensinado ou em saber escolarizado. Esse processo foi inicialmente observado pelo sociólogo Michel Verret (1975) e resgatado por Chevallard (2005, p. 69) para pensar os objetos matemáticos⁶:

Na transposição didática (das matemáticas) os requisitos enumerados mais abaixo, são estes:

- a dessincretização do saber;
- a despersonalização do saber;
- a programabilidade do saber;
- a publicidade do saber;
- o controle social das aprendizagens [...].

Fundamentado nos estudos de Verret (1975), Chevallard (2005, p. 67-8) distingue os saberes matemáticos escolarizados daqueles não escolarizados ou não ensináveis. Os saberes não ensináveis como, por exemplo, “saberes reservados”, “saberes aristocráticos”, “saberes totais”, “saberes pessoais” e “saberes empíricos” não se sujeitam aos requisitos da preparação didática do saber, não se sujeitam ao “texto do saber” e ao “tempo de ensino”, ao contrário do que acontece com os saberes escolarizados.

A “dessincretização do saber” ocorre quando o professor seleciona, dentro de um rol de possibilidades, aqueles elementos do saber vistos como essenciais para sua abordagem. Assim, o saber deverá ser dividido ou delimitado em partes já que não se pode trabalhar com ele em sentido total, devendo assim ser escolhido alguns elementos e abandonado outros. Sua aprendizagem deverá estar, portanto, sempre limitada a “programações organizadas e sequências progressivas” (Chevallard, 2005, p. 68).

Conforme Silva (2011, p. 77) ao mesmo tempo em que a dessincretização do saber aparece com algo imprescindível, portanto, necessário para que o ensino escolar se efetive, é também visto por Chevallard como uma ação problemática:

⁶Cf. Chevallard (Verret, 1975, pp.146-147).

Necessário, pois é impossível reconstruir com os alunos “todo o saber” em estudo, devido (entre tantos outros fatores), às limitações colocadas pelo “tempo didático” ou tempo de ensino; problemático, pois algumas noções podem ser consideradas como pré-requisitos para o entendimento de outras. Outra armadilha desse processo é a que leva o professor a ignorar o “tempo de aprendizagem” dos alunos, isto é, ele esquece que o tempo necessário para que cada aluno internalize e se aproprie de determinado conhecimento é variável, e frequentemente maior do que se esperaria que fosse.

A “despersonalização do saber” é a separação do saber da pessoa que o desenvolveu. Este é um requisito necessário provocado pelo discurso quase que natural posto no texto do saber, que aparece no ambiente escolar como algo separado do seu contexto, da sua história, das dificuldades enfrentadas, dos caminhos percorridos e dos sujeitos que participaram de sua elaboração. Embora necessário, esse requisito é também problemático, pois poderá gerar a ideia de um saber simplificado e originado do nada, talvez na mente de um gênio e não como fruto do esforço humano sistemático.

A “publicidade do saber” é um dos principais requisitos, é o que guiará o discurso do professor sempre delineado em um documento do saber (texto do saber, modelo do saber, vídeo do saber, áudio do saber, slide do saber, etc.), um material cheio de intencionalidades, estruturado sob uma fala objetiva, contendo início, meio e fim. É a publicização do seu material de ensino, na forma de um “texto do saber” que lhe permitirá realizar o “controle social das aprendizagens” (Chevallard, 2005, p. 73).

A “programabilidade do saber” ou “tempo didático” diz respeito à temporalidade progressiva do saber, delimitada pelo professor para fins de ensino-aprendizagem com seus alunos. O tempo didático é o enquadramento do saber em um determinado espaço de tempo (por exemplo, na escola, esse tempo pode ser de 50 minutos, 60 minutos, etc.) e dependerá dos objetivos do professor.

A programabilidade do saber ou tempo didático está diretamente ligada ao texto do saber, ou melhor, ao material de ensino elaborado pelo professor, sempre submetido a uma relação de “saber/duração” (Chevallard, 2005, p. 74), quer dizer: o saber a ser ensinado pelo professor deverá ser sequencialmente programado, devendo conter um início, um meio e um fim. Esta programabilidade é própria do ambiente escolar e distinta do ambiente acadêmico. Enquanto no ambiente acadêmico essa progressão do saber está diretamente relacionada à resolução de problemas, a experimentações em laboratório, a diferentes paradigmas, no ambiente

escolar essa progressão está relacionada à superação da “contradição antigo/novo” (Chevallard, 2005, p. 75):

Uma investigação [acadêmica] se apresenta, assim, como uma sucessão de fatos favoráveis, onde um problema resolvido (ou provisoriamente abandonado) leva a formular e resolver outros problemas. Nesse sentido, o processo de ensino [escolar] difere fundamentalmente do processo de investigação [acadêmica]: no primeiro, **os problemas não são** o motor da progressão. Esta está constituída por uma certa contradição antigo/novo. (Tradução nossa e grifo nosso).

Assim, para que um determinado objeto do saber seja ensinado ele deverá aparecer, inicialmente, com “duas faces contraditórias” (Chevallard, 2005, p. 76). A primeira face é a de um objeto que aparece para o aluno como algo novo, isto é, um objeto que ele não conhece ainda, portanto, algo que deverá ser estudado e apreendido logo de início. A segunda face requer do aluno o reconhecimento desse objeto novo, porém, agora como algo antigo, quer dizer, que ele reconheça este objeto, que o tenha aprendido de tal modo que consiga empregá-lo na sequência das atividades. O objetivo do professor é, na sequência das atividades, levar o aluno à superação dessa contradição que acontecerá naturalmente com o “êxito da aprendizagem” (Chevallard, 2005, p. 77). Entretanto, nem sempre essa contradição é superada, existindo momentos em que os alunos não conseguem avançar, ocasionando um bloqueio na dialética (antigo/novo), fato que pode ser explicado pela diferença entre o tempo de ensino e o tempo de aprendizagem.

Conforme Chevallard (2005, p. 79-80), enquanto o tempo de ensino é caracterizado como um “modelo legalista de uma duração progressiva, acumulativa e irreversível”, o tempo de aprendizagem está diretamente relacionado ao tempo subjetivo de cada aluno, ao tempo que cada um leva para assimilar o saber, o que dependerá da superação dos bloqueios na dialética antigo/novo. Assim, qualquer prática educativa de ensino-aprendizagem exigirá sempre um olhar mais atento do professor, que precisará auxiliar seus alunos a avançar com ele, tendo esse cuidado para que o tempo de ensino programado considere também o tempo de aprendizagem individual de cada um.

Para Chevallard (2005, p. 81), em última instância, não é o especialista, mas sim, o professor o principal responsável pelo funcionamento didático, pois é ele quem escolherá os elementos do saber que irá transformar em objetos de ensino. Ademais, o professor é “aquele que sabe antes que os demais [alunos], o que já

sabe, o que sabe 'mais'", assim, está sob seu papel administrar o tempo de ensino ou "cronogênese do saber".

Além dessa delimitação temporal do saber, sempre conduzida pelo professor, sempre dosada com seus alunos em sala de aula, Chevallard (2005, p. 81) também considera a existência de uma certa distância entre o saber do professor (que naturalmente estudou mais) e o saber do aluno (ainda em processo de aprendizagem) denominada "topogênese do saber". Esta diferença, de acordo com Leite (2004, p. 59), pode ser observada tanto em termos quantitativos, na medida em que "o professor domina o saber a ensinar em um nível mais abstrato do que seria possível para o aluno atingir em um primeiro momento de estudo", quanto em termos qualitativos, pois ele "precisa saber também a maneira de ensiná-los".

5 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: FUNDAMENTOS E MÉTODOS PARA A PRÁTICA EDUCATIVA EM ASTRONOMIA

Conforme observamos, a partir da teoria da transposição didática de Yves Chevallard (2005), o processo de elaboração do saber escolar pressupõe imediatamente um longo caminho, o qual deve ser analisado a partir de três instâncias elaborativas, caso desejarmos, é claro, ter uma ideia mais ampla sobre esse movimento que pretende levar o saber da ciência até a escola.

O didata francês chamou a atenção para uma primeira instância, a principal responsável pela produção do saber na Ciência (saber sábio); depois, considerou uma segunda instância, responsável pela designação de saberes curriculares e pela sua recontextualização ao Ensino de Ciências (saber a ensinar); e, por fim, partindo para uma terceira instância, responsável pela adaptação desse saber a ensinar ao contexto do Ensino Escolar (saber ensinado) - o qual deve ser submetido a um processo de elaboração didática.

Assim, trilhar esse caminho mais amplo exige uma investigação em dois níveis. Uma investigação inicial, em sentido mais restrito (transposição didática *Stricto Sensu*), contando com a participação da noosfera: camada social decisória com atuação prioritária dos especialistas, mas não exclusiva deles, visto que os professores escolares também participam em alguma medida, entretanto, local em que os especialistas são um dos principais responsáveis pelo trabalho externo de transposição (o ponto de partida do saber) - juntando-se a eles, também participam os representantes dos órgãos oficiais de educação, com forte influência política no currículo. E, uma investigação em sentido mais amplo (transposição didática *Lato Sensu*), a qual exige um projeto ao nível de sistema de ensino, onde a escola se encontra como o fim último do trabalho de transposição.

Deve ser pensando na escola, na sala de aula, portanto, que o saber a ensinar adquire potencial para transformar-se em saber ensinado, por meio do trabalho prioritário do professor escolar, mas não exclusivo dele, pois o especialista também participa em alguma medida: seja na elaboração de livros didáticos, de modelos didáticos, de propostas curriculares, formativas, etc.; ou seja, o professor escolar é o principal agente do trabalho interno de transposição, sem o qual esse processo não se completaria, e seu desenvolvimento é considerado vital (o ponto de chegada do saber) devendo ser analisado a partir de um sistema didático,

considerando a tríade professor-alunos-saber, portanto, em um sistema que além de didático seja também educativo.

Todavia, para uma compreensão inicial desse processo de transposição didática, de um lado, precisamos tecer alguns entendimentos sobre a natureza do saber científico, principalmente no que tange à noção de modelo; uma compreensão sobre algumas de suas especificidades, origens, modificações que ocorrem ao longo do tempo. Ou seja, precisamos desenvolver uma compreensão sobre como funciona esse movimento da produção científica do homem. Com relação à função dos modelos na ciência, considerando uma análise do ponto de vista social, histórico e epistemológico, alguns educadores em ciências (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018; Silva; Catelli, 2019) trouxeram contribuições importantes a esse respeito. Existem algumas outras pesquisas (Gilbert; Justi, 2016; Moreira; Greca, 2004; Moreira, 2005) que têm analisado as representações dos sujeitos enquanto modelos mentais, conforme discorreremos no tópico 5.5, mais a seguir.

De outro lado, devemos considerar ainda a escola, o local onde o conhecimento científico precisa finalmente comparecer, seja pela sua designação curricular, seja pelas contribuições dos especialistas, seja pelo ensino do professor; é no cotidiano escolar que o saber da ciência poderá adquirir vida, sob um estatuto de saber ensinado, emoldurado em um tempo de ensino, pelas mãos do professor; logo, a partir das contribuições da teoria Chevallardiana da transposição didática parece-nos imprescindível que neste âmbito seja desenvolvido um sistema didático (Chevallard, 2005) educativo (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018) que contemple, ao mesmo tempo, saber ensinado e a sala de aula, modelos didáticos e sala de aula, com foco no ensino-aprendizagem escolar.

Nesse sentido, nesta pesquisa de tese, adotamos a abordagem temática ou via temas de investigação (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018), pois nos parece uma perspectiva que considera o conhecimento científico e a sala de aula de modo integrado, articulado, sob três dimensões: “epistemológica”, “didático-pedagógica” e “educativa das interações”; de onde pensaremos a nossa proposta de sistema didático educativo. Além disso, é uma abordagem que considera o aluno como principal responsável pela construção do seu conhecimento, portanto, um “sujeito do conhecimento” e não uma caixa vazia; o professor não apenas como aquele que ensina, pois este é o seu principal trabalho, mas também como aquele que atua como um facilitador, um mediador, um perguntador, que, por meio de relações

dialógicas e de problematizações, a partir de práticas não tradicionais de ensino, busca auxiliar no desenvolvimento dos aprendizados dos alunos. É uma abordagem educativa que também poderá auxiliar na superação de alguns desafios no ensino de ciências, conforme passaremos a discutir.

5.1 Desafios do Ensino de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental

Em sua obra, destinada tanto aos professores formadores na graduação em Ciências da Natureza, quanto aos professores em formação e atuantes no Ensino de Ciências no Fundamental, intitulada “Ensino de Ciências: fundamentos e métodos” os renomados educadores em ciências Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) iniciam chamando a atenção para alguns desafios a serem enfrentados no ensino de ciências, tanto pelos profissionais que trabalham na recontextualização do saber sábio, os especialistas, quanto pelos profissionais que aplicam o saber escolarizado na escola, os professores escolares, entre os quais sintetizamos:

- 1) a superação do senso comum pedagógico, refletida no ensino tradicional acrítico;
- 2) a superação daquela ideia arrogante de que ciência é algo destinado apenas para cientistas: a ciência é para todos!
- 3) a inclusão das ciências naturais e da tecnologia como um produto cultural humano, assim como também são consideradas as ciências humanas;
- 4) a incorporação de conhecimentos contemporâneos em ciências e tecnologia, através da utilização de novos ambientes de aprendizagem, além daquele da sala de aula;
- 5) a superação das insuficiências dos livros didáticos a partir do uso de outros materiais didáticos, que sejam complementares a ele, porém mais contemporâneos;
- 6) a necessária aproximação entre pesquisas em ensino de ciências (Universidade) e o ensino de ciências (Escola).

Esses são alguns dos grandes desafios que os autores consideram importantes, os quais devem ser superados no Ensino de Ciências Naturais, no Ensino Fundamental, se quisermos ampliar a formação cultural dos estudantes, por meio de uma compreensão crítica sobre a ciência e suas tecnologias, mediante uma compreensão sobre seus produtos e processos, isto é, sobre seus conceitos, modelos e teorias, para compreensão dos fenômenos naturais.

É nesse espírito que esperamos contribuir com a prática escolar no ensino de Astronomia, no Ensino Fundamental, a fim de também quem sabe superarmos alguns destes importantes desafios (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018) do Ensino de Ciências no Fundamental, conforme passamos a analisar com mais cuidado.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 25) defendem a “superação do senso comum pedagógico”, há muito tempo sustentado por um ensino tradicional, baseado em uma instrução pela transmissão mecânica de informações, recorrendo predominantemente a regrinhas, receituários prontos, emprego acrítico de fórmulas; portanto, sem a participação ativa do aluno em situações que sejam mais significativas para ele; sustentam, assim, a necessidade da superação do ensino pautado pela “decoreba” ao invés de um ensino fundamentado pela pesquisa, pela pergunta, pela dúvida, pela reflexão crítica das informações, conforme chamaram a atenção:

Enfim, [chamamos a atenção para a superação de] atividades de ensino [tradicionais] que **só reforçam o distanciamento do uso dos modelos e teorias** para a compreensão dos fenômenos naturais e daqueles oriundos das transformações humanas, além de caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável: um trabalho didático-pedagógico que [só] favorece a indesejável *ciência morta* (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 25, grifo nosso).

Defendem ainda uma “ciência para todos” pensando na popularização da ciência pelo ensino voltado a todos os cidadãos, não apenas para formar futuros cientistas, normalmente trancafiados em seus laboratórios, sem contato subjetivo com a realidade humana. Um ensino, portanto, que considere as ideias que os alunos trazem para a sala de aula, suas crenças, seus valores, suas experiências, perspectivas e relações familiares.

Assim, distinguindo-se de um ensino voltado predominantemente para **formar cientistas**, que não só direcionou o ensino de Ciências, mas ainda é

fortemente presente nele, hoje é imperativo ter como pressuposto a meta de uma **ciência para todos** (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 26, grifo nosso).

Nesse sentido, preconizam que devemos trabalhar para uma “ciência e tecnologia como cultura” a fim de superarmos essa visão de ciência e tecnologia enquanto um produto acabado, sem vida, uma “ciência morta”, de tal modo que a percebamos como fruto de um longo processo social, histórico e epistemológico de produção cultural de conhecimento humano, o qual precisa ser apropriado pelos alunos a fim de evitarem compreensões acríticas e ingênuas:

A conceituação mais clássica de **cultura** exclui os empreendimentos das Ciências Aplicadas e da tecnologia, incorporando somente as contribuições das Artes, Letras e Ciências **desinteressadas**, que elevam o espírito humano, perspectiva mais próxima das escolas francesa e alemã. [...] As contribuições **materiais**, contudo, são consideradas bens culturais desde as primeiras concepções **antropológicas** de cultura, perspectiva mais próxima da escola anglo-americana, [...] desde o início do século XX. A tecnologia, por meio de invenções históricas marcantes, como a do relógio, da imprensa e das máquinas a vapor e elétricas, modificou profundamente as culturas: o modo de ser, perceber, produzir e viver das pessoas (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 27, grifo nosso).

Os autores consideram as contribuições materiais produtos da cultura humana e de suma importância para o desenvolvimento do ensino, que deverá “incorporar conhecimentos contemporâneos em ciências e tecnologias”, isto é, promovendo o uso de distintos materiais didáticos, paradidáticos e materiais digitais na prática e formação docente, a fim de enriquecer a formação cultural dos alunos.

Particularmente nos últimos cinco anos, tem-se acompanhado a produção de materiais didáticos que, de uma forma ou de outra, contemplam o conhecimento mais recente. **Trata-se de um conjunto minoritário** de livros didáticos e principalmente paradidáticos, além da oferta de materiais digitais em páginas da rede [...], que já vem sendo utilizado, **embora por uma minoria de professores** (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 28, grifo nosso).

Assim, em relação ao que consideram, portanto, o principal material instrucional das escolas, defendem a “superação das insuficiências do livro didático” que, apesar de ser objeto de avaliações constantes desde 1994 pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), no entanto, continua apresentando problemas conceituais de conteúdo, de metodologia, em muitos casos, devido à ausência de uma análise crítica pelos especialistas da área e devido a interesses comerciais envolvidos.

Acreditam, entretanto, que tal superação poderá vir com o tempo na medida em que os professores deixarem de ficar reféns desse único material, muitas vezes o único disponível nas escolas. Convidam os professores a ousar e utilizar outros materiais didáticos e outros espaços educacionais, tais como: livros paradidáticos, modelos didáticos, artigos de revistas especializadas, museus, planetários, clubes de ciências, etc. (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 28-9).

É injusto que professores e populações de alunos **não tenham acesso à utilização plural e sistemática dos meios alternativos ao LD** [Livro Didático] e àqueles espaços, quer pela dificuldade na disponibilidade imediata de uso, pela desorganização das instituições escolares, pelo desconhecimento e até dificuldade de enfrentamento da utilização desses recursos. É preciso que sejam incorporados na prática do cotidiano escolar, em favor da melhoria do ensino e da aprendizagem (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 29, grifo nosso).

Finalmente, consideram - o que talvez seja um dos maiores desafios para o ensino de ciências e tecnologias na atualidade - a necessária “aproximação entre pesquisa em ensino de Ciências e ensino de Ciências”, pois, apesar da existência de inúmeros grupos de pesquisa e dos muitos encontros de especialistas, que vêm ocorrendo desde a década de setenta, na área do ensino de ciências naturais, impulsionando uma vasta produção de conhecimento nesses grupos e espaços, ainda assim, muito pouco desse conhecimento tem de fato chegado à sala de aula. Portanto, os educadores em ciências defendem a necessidade urgente de uma aproximação maior entre a pesquisa dos especialistas, pesquisadores e a formação de professores: tanto na inicial e continuada, quanto na presencial e a distância (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 30). Nesse sentido, tecem uma forte crítica, demonstrando o tamanho da nossa responsabilidade enquanto educadores, pesquisadores, professores que somos:

Com louváveis exceções, lamentavelmente nem sequer na maioria dos cursos de formação inicial em licenciatura essas perspectivas, **tanto dos novos materiais didáticos como dos resultados de pesquisa**, são consideradas. A formação de professores, na maioria dos cursos, ainda está mais próxima dos anos 1970 do que de hoje (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 32, grifo nosso).

5.2 Modelos e teorias na produção científica: produtos em processo

Em sua obra, ao defenderem um ensino de ciências partindo de uma abordagem temática na direção de uma abordagem conceitual, invertendo a lógica

do ensino tradicional, predominantemente baseado apenas no ensino de conceitos, os educadores em ciências Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) chamam a atenção para a “dinâmica da produção científica” humana. Nesta dinâmica, um determinado conhecimento científico e tecnológico não deve ser visto como um produto pronto, acabado, fora de contexto, originado em um instante pela mente de um gênio; mas, sim, como fruto de um longo processo de trabalho humano (social), o qual se desenvolve com o tempo (histórico) contendo implicações epistemológicas, sociais, econômicas, políticas, etc.; um conhecimento, portanto, “não-neutro” que se desenvolve por meio de “modelos e teorias” que tenta explicar o comportamento dos fenômenos (Delizoicov; Angotti Pernambuco, 2018, p. 48-52).

Parece claro que uma das funções do ensino de Ciências nas escolas fundamental e média é aquela que permita ao aluno se apropriar da *estrutura do conhecimento científico e de seu potencial explicativo* e transformador, de modo que garanta uma visão abrangente, quer do processo quer daqueles produtos - a conceituação envolvida nos **modelos e teorias** - que mais significativamente se mostrem relevantes e pertinentes para uma inclusão curricular (Delizoicov; Angotti Pernambuco, 2018, p. 51, grifo nosso).

Os educadores em ciências chamam a nossa atenção para o conhecimento científico que, ao longo da história, sofrerá transformações em sua natureza, impossibilitando-nos dizer o que um determinado conhecimento é em essência ou verdade, mas, sobretudo, como ele está sendo compreendido em determinado momento sócio-histórico-epistemológico, sendo que aquilo que dele sabemos advém dessas representações conceituais elaboradas pelos humanos para gerar explicações sobre os fenômenos naturais.

Conforme os pesquisadores (2018), um entendimento epistemológico importante para o Ensino de Ciências é aquele sobre modelos e teorias, pois são considerados produtos da ciência, sempre em processo, os quais, apesar de auxiliarem no trabalho dos cientistas para o conhecimento da natureza, estão sempre sujeitos a transformações, a avanços e a retrocessos. Logo, mesmo que teorias e modelos em algum aspecto sejam suficientes para gerar explicações sobre o funcionamento de um determinado fenômeno, ainda assim também apresentam suas limitações. Teorias e modelos são produtos da ciência, indispensáveis ao trabalho científico, porém muitas vezes não se pode utilizá-los de forma irrestrita. Em certos casos, dependendo do paradigma ao qual o cientista sustenta as suas observações e experimentações da realidade, determinadas teorias perdem seu teor

explicativo, sofrem alterações, modificações a tal ponto de não explicarem mais o comportamento dos fenômenos.

Nesse sentido, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) chamam a atenção para o aspecto processual, dinâmico e mutável do conhecimento científico que precisa ser ensinado nas escolas, nas formações de professores. Assim, os alunos precisam compreender que a ciência não é algo imutável: suas teorias e modelos, embora sejam produtos científicos importantes para a explicação da realidade, ainda assim estão sujeitos a críticas, a mudanças e a transformações, podendo não se sustentar por muito tempo, caso em que novas teorias e novos modelos se fazem necessários para melhor compreendermos o mundo a nossa volta.

Portanto, os pesquisadores (2018) colocam na dinâmica da produção científica um ponto de fundamental interesse para a Ciência e, conseqüentemente, para o Ensino de Ciências e para o Ensino Escolar, principalmente, a compreensão sobre o papel dos modelos e das teorias na geração de explicações sobre o comportamento dos fenômenos do mundo natural. Em se tratando de Ensino de Ciências, convém ressaltar: “modelos e teorias - que mais significativamente se mostrem relevantes e pertinentes para uma inclusão curricular” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 51). Mas, o que é um modelo? Qual a relação existente entre modelos e teorias? Os modelos da Ciência seriam os mesmos do Ensino de Ciências? Como os modelos são construídos?

Elaborar respostas pertinentes a essas perguntas tem sido a dedicação de inúmeros profissionais: filósofos da ciência, psicólogos, educadores em ciências, pesquisadores que há algum tempo perceberam a tamanha relevância deste tema para o ensino de ciências. Porém, esse é um debate que, embora tenha surgido na filosofia da ciência, atualmente também tem valiosas contribuições a partir da psicologia cognitiva, quando os modelos passam a ser vistos como representações originadas na mente dos indivíduos, isto é, modelos mentais.

5.3 Modelos: na visão da história e filosofia da ciência

Em um estudo recente, os educadores em ciências Silva e Catelli (2019) teceram breves contribuições, a partir da história e da filosofia da ciência, a respeito da noção de modelo e sobre algumas de suas modificações e transformações ao longo de diferentes períodos. No artigo intitulado “Os modelos na ciência: traços da

evolução histórico-epistemológica”, os pesquisadores apresentaram ao menos quatro períodos históricos de desenvolvimento do conceito, abrangendo diferentes noções de modelo, conforme identificaram na literatura. Utilizam o termo “traços da evolução”, pois consideram esse um assunto de complexidade, o qual não conseguem abarcar em toda a sua dimensão.

Conforme identificaram, a primeira noção de modelo que surgiu no debate científico é atribuída aos trabalhos de Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906) em um artigo publicado em seu nome intitulado “*Model*”, em uma enciclopédia britânica de 1902, dando início ao debate epistemológico: uma noção de modelo mecânico e de analogias que o cientista austríaco utilizava desde 1860 para explicar os fenômenos em física. Um modelo que em sua representação se valia tanto de objetos concretos (reais) quanto de objetos abstratos (mentais) para compreender o funcionamento do mundo natural (Silva; Catelli, 2019, p. 2):

O desenvolvimento desse tipo de modelo no ambiente experimental dos laboratórios, relacionando objetos reais (maquetes de madeira, metal ou papelão) e objetos mentais (equações matemáticas) para o estudo do movimento dos gases, dos elétrons, entre outros, ocorria geralmente através do emprego das analogias.

Eles descobriram, a partir da literatura, que Boltzmann se apoiava em dois tipos de analogia para a elaboração de modelos e teorias em física: uma denominada substancial, a qual ele utilizava de modelo para relacionar elementos de um sistema conhecido, com aqueles elementos de outro sistema desconhecido, através da identificação de semelhanças estruturais (tangíveis) entre eles; e outra denominada analogia formal, que não se prendia a relações de semelhanças estruturais entre os elementos dos sistemas, mas em uma relação de semelhança entre suas funções (intangíveis), predominantemente estruturada em equações matemáticas. Ressaltam, desse modo, que as analogias do tipo formal foram fundamentais para a ereção de uma segunda noção de modelo na Ciência que se originou a partir de 1920 e perdurou cerca de meio século, foi o caso dos modelos dos semânticos em lógica matemática.

A segunda noção (Silva; Catelli, 2019) é aquela defendida por um grupo de filósofos semânticos que consideram os modelos como estruturas lógico-matemáticas, organizada para fazer interpretações sobre um sistema simbólico no qual a teoria resultante dessas relações é interpretada e apresentada sob uma linguagem abstrata: linguagem contendo um rol de relações, preposições, símbolos,

axiomas e regras de inferência, etc. Nessa visão as teorias são entendidas como constituídas de agrupamentos de modelos simbólicos, lógico-matemáticos, os quais têm a função de fazer a testagem das teorias matemáticas. Esta é uma noção de modelo que perdurou até a década de 70–80, perdendo espaço a partir daí para o uso cada vez mais frequente dos sistemas informatizados nas simulações via computador.

Antes, no entanto, uma terceira noção de modelo começou a erigir-se, no limiar dos anos de 1950, estimulada pelo fim da Segunda Guerra Mundial, principalmente pela fuga de cérebros alemães para os Estados Unidos da América, os quais contribuíram para a pesquisa interdisciplinar e para o desenvolvimento militar norte-americano (Bunge, 1974). Silva e Catelli (2019) chamam a atenção para a noção de modelo matemático, considerado como uma teoria específica ou modelo teórico, pelo físico e filósofo da ciência Mario Bunge (1974). Porém, um tipo de modelo matemático que, conforme Bunge, é um tanto distinto daquele utilizado pelos lógicos em matemática, pois o seu objetivo não é tornar verdadeiras todas as teorias que se coloca a interpretar (objetivo do modelo em lógica), quando muito, algumas teorias se apresentam a ele comprováveis; mesmo assim, são considerados como dignos de revolução científica, pois o modelo matemático deixou de ser um modelo teórico de exclusividade do trabalho dos físicos e dos matemáticos para contribuir com a construção de novos campos científicos e de investigação interdisciplinar, com implicações na elaboração e na evolução de várias áreas do conhecimento: engenharia, sociologia, linguística, biologia, psicologia, medicina, economia, etc. (Silva; Catelli, 2019).

Segundo uma visão realista crítica do conhecimento científico, os pesquisadores percebem que um modelo matemático é um modelo teórico ou uma teoria específica “de um pedaço da realidade” (Bunge, 1974, p. 10), de onde se deve analisar, ainda, os conceitos de objeto-modelo e de teorias gerais, elementos-chave do esquema proposto pela epistemologia Bungeana dos modelos para a compreensão e explicação da realidade (fato, coisa, fenômeno): esquema que iremos retornar mais adiante, quando de modo breve falaremos da noção de objeto-modelo didático que empregamos no ensino de astronomia.

Assim, resumidamente falando, conforme a epistemologia Bungeana dos modelos, um objeto-modelo é um modelo abstrato, entendido como uma representação idealizada, hipotética e conceitual de um objeto que, ao ser

acompanhado de uma teoria específica ou modelo teórico, poderá, enfim, gerar explicações e fazer previsões sobre o funcionamento da realidade (Silva; Catelli, 2019).

Enfim, uma quarta e última noção de modelo identificada pelos pesquisadores é aquela que aparece no debate epistemológico a partir de 1980, estando ligada aos “computadores nas simulações de sistemas complexos” (Silva; Catelli, 2019, p. 6). Tal noção é empregada por distintas áreas do conhecimento, principalmente pelas engenharias e pela pesquisa operacional, onde o modelo passa a ser visto agora como um *software* de computador; um mecanismo abstrato capaz de uma integração até então inimaginável de variáveis, equações, dados, teorias, imagens, de modo simultâneo; logo, uma máquina de antecipar o conhecimento dos eventos, principalmente quando não se tem uma teoria geral ou completa que fale sobre o seu comportamento.

Neste breve cenário histórico e epistemológico sobre a noção de modelo na ciência, a partir das contribuições da filosofia da ciência, os pesquisadores desenvolvem alguns pontos de entendimento em respostas à pergunta: “o que é modelo, afinal?” (Silva; Catelli, 2019, p. 7). Eles sugerem que:

- Não existe uma definição única e precisa para o conceito de modelo na ciência; assim, eles podem aparecer em diversas formas de representação: desenhos, diagramas, esboços, esquemas, ilustrações, maquetes, símbolos, equações, softwares, etc.; são modelos ou representações conceituais utilizadas para explicar, compreender e prever o comportamento de determinado fato, coisa, evento, entidade, fenômeno;
- O valor deste objeto, denominado modelo científico, dependerá tanto do poder explicativo e previsional da sua estrutura teórica, quanto dos objetivos do pesquisador. Portanto, seu valor não está tanto na sua dimensão ontológica (aquilo que ele é), mas, sobretudo, na sua dimensão funcional (valendo por aquilo que ele pratica, faz, relaciona, adianta, serve, soluciona);
- Modelos científicos são como mediadores entre teorias, de um lado, e realidade de outro (fato, coisa, fenômeno); objetos que servem como “ponte” entre as teorias e os fenômenos; objetos de conhecimento com a função de realizar a

testagem das teorias ou até mesmo servir como ponto de partida para a construção de novos modelos ou até mesmo de novas teorias; em alguns casos, o modelo poderá se tornar algo tão completo e explicativo que poderá ser considerado teoria;

- Modelos científicos não substituem a realidade (fatos, coisas, fenômenos), eles apenas representam alguns de seus traços ou aspectos; por isso, são compreendidos como idealizações e simplificações da realidade, e não a realidade em si, que quando muito se aproximam;
- Modelos científicos apresentam limitações, por isso quando não servem mais para representar determinado fenômeno, são revisados ou até mesmo substituídos por outros modelos;

De forma bastante resumida, visto que esse não era o foco dos pesquisadores, é possível também depreender alguns entendimentos sobre a noção de teoria na Ciência (Silva; Catelli, 2019):

- Teoria pode ser entendida como um todo estruturado conjunto de sentenças ou enunciados assertivos (matemáticos ou verbais) sobre fatos, coisas, eventos, fenômenos, previamente justificados e sempre suscetíveis a confirmação ou falseamento;
- Teoria implica inúmeras definições e operações envolvendo grandezas, variáveis, hipóteses, métodos e experiências, por isso, pode ser vista como um todo estruturado e articulado.
- Teorias normalmente se encontram estruturadas em conjuntos de modelos;
- A teoria sem modelo é um todo carente de prova empírica.
- Teorias devem evitar a produção de erros: seja por não declararem toda a verdade sobre um fenômeno, devido ao seu conteúdo lógico ser menor que aquele do fenômeno; seja também por declararem coisas que não têm relação direta com ele ou por falharem quando têm; nesse caso, seu conteúdo seria maior que aquele

do fenômeno. O primeiro tipo de erro ocorre quando algo de verdadeiro sobre o fenômeno escapa à teoria, logo, não é considerado por ela; o segundo tipo de erro é quando algo de incorreto sobre o fenômeno é considerado pela teoria.

5.4 E os modelos da Ciência seriam os mesmos do Ensino de Ciências?

Conforme observamos no estudo de Silva e Catelli (2019), a partir das contribuições da história e da filosofia da ciência, um modelo científico pode ser compreendido como um produto da ciência, sempre em processo, o qual vem se desenvolvendo a partir de diferentes períodos históricos, sob distintos pontos de vista; um objeto com o papel de representar fatos, coisas, eventos, fenômenos, auxiliando na testagem, avaliação, reelaboração de teorias ou até mesmo na construção de novas teorias, portanto, auxiliando em novas explicações e previsões.

Em outra investigação, Silva e Catelli (2020) debatem a respeito do conceito de modelo no ensino de ciências, o qual tem sido compreendido, entre alguns educadores, como uma representação didática originada a partir da transposição didática com base em uma representação científica. No ensino de ciências parece consensual entre os educadores que os modelos sejam o resultado de adaptações, de modificações ou recontextualizações orientadas a partir de modelos científicos.

Acreditamos que a noção de modelo científico é essencial para a Ciência assim como deveria ser a noção de modelo didático para o Ensino de Ciências, não sendo possível conceber a noção de modelo didático sem antes desenvolvermos uma ideia sobre os modelos científicos e as suas relações com as teorias e com a realidade. Essa é uma observação importante, pois, no processo da transposição didática são os modelos científicos que emprestam alguns de seus fundamentos aos modelos didáticos, que por sua vez aparecem em uma nova linguagem, mais intuitiva, mais próxima da linguagem dos alunos iniciantes (Silva, Catelli, 2020, v. 42, p. 2).

Sustentados em uma visão bastante aceita entre alguns educadores em ciências, de que os modelos do ensino são reconstruções didáticas originadas a partir dos modelos da ciência, desenvolvidas pelas necessidades do ensino-aprendizagem, apresentam a noção de objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD), uma noção de modelo baseada na epistemologia Bungeana dos modelos (modelos científicos) e na didática das ciências (modelos didáticos); modelo didático que eles propõem para o ensino da temática do movimento diário do Sol,

com um grupo de alunos do ensino médio, trazendo alguns resultados interessantes (Silva; Catelli, 2020).

A epistemologia Bungeana dos modelos propõe explicar como se dá a compreensão conceitual da realidade, a partir das relações estabelecidas entre: objeto-modelo, modelo teórico e teoria geral. Com base em Silva e Catelli (2019) sintetizamos algumas características de como isso acontece:

- **Realidade:** está relacionada ao funcionamento ou comportamento das coisas, fatos, eventos, fenômenos, os quais são observados, percebidos ou até mesmo imaginados no mundo; logo, podem ser coisas reais ou hipoteticamente reais.
- **Objeto-modelo:** objeto idealizado, abstrato, conceitual, representação esquematizada do real, elaborado pelo auxílio da observação, da intuição e da razão, o qual deve ser estruturado em uma linguagem teórica adequada, segundo os conhecimentos prévios do pesquisador, a fim de servir-lhe de modelo.
- **Modelo-teórico ou teorias específicas:** são teorias de menor extensão, normalmente atreladas a uma teoria geral, de maior extensão, com o papel de estruturar conceitualmente um objeto-modelo, de tal modo que ele possa funcionar e dizer algo de verdadeiro sobre a realidade. Um modelo teórico é uma máquina de levantar hipóteses e fazer afirmações sobre a realidade, e tem como finalidade garantir ideias frutíferas ao seu objeto-modelo, possibilitando-lhe a testagem das teorias. Em alguns casos, o modelo teórico pode ser elaborado a partir do próprio objeto-modelo, sem auxílio de uma teoria geral prévia.
- **Teorias Gerais:** são teorias mais amplas, extensas, genéricas e, ao contrário das teorias específicas, podem ser levadas a qualquer situação, mas devido ao seu amplo e extensivo conteúdo (principalmente matemático), não se aplicam diretamente ao mundo real. Elas precisam de objetos-modelo munidos de seus modelos teóricos, os quais são os únicos capazes de dizer algo de factível sobre a realidade.

Assim, para compreensão dos acontecimentos do mundo, o cientista inicialmente elabora um objeto-modelo, uma representação conceitual

esquemática para explicar o comportamento das coisas ou fatos que ele observa e percebe. Porém, para que seu objeto-modelo expresse algo de verdadeiro sobre uma determinada coisa ou fato, ele precisa ser dotado de um conjunto de ideias (modelo teórico) antes de ser submetido à experimentação (para testagem) e dizer algo de verificável sobre aquilo que investiga. Esse conjunto de ideias formará a base conceitual desse objeto-modelo e poderá ser construído em torno dele mesmo, caso haja a ausência de uma teoria geral, ou também, outras vezes, poderá ser inserido em uma ou mais teorias gerais, retirando daí seu modelo teórico ou teoria específica subjacente. De qualquer modo, conforme sustenta a epistemologia Bungeana dos modelos, sem objetos-modelo, munidos de teorias específicas, não há como obtermos prova empírica, ou seja, não há como obtermos evidências e chegarmos a conclusões a respeito dos fenômenos.

5.4.1 Dos modelos na Ciência aos modelos no Ensino de Ciências: uma mediação entre conceitual e figurativo

Silva e Catelli (2020) partem do conceito de objeto-modelo conceitual ou científico (BUNGE, 1974) para propor a noção de objeto-modelo didático ou figurativo (Cupani; Pietrocola, 2002). Percebem que, conforme a epistemologia Bungeana dos modelos, aqueles objetos-modelo que realmente interessam à ciência ou à investigação científica são os do tipo conceituais, teóricos, pois “sua capacidade está em sua propriedade conceitual ou teórica mais do que em sua capacidade estética ou psicológica” (Silva; Catelli, 2020, p. 7). Conforme sugere Bunge (1974, 25-6):

[...] as teorias específicas ou modelos teóricos encerram objetos-modelo do tipo conceitual mais do que representações visuais ou figurativas. Sem dúvida, é possível sempre descrever o modelo com o auxílio de um diagrama e mesmo, às vezes, com a ajuda de um modelo material – tais como os modelos esféricos de moléculas: este auxilia a compreender as ideias difíceis e algumas vezes a inventá-las. Não obstante, nem diagramas nem análogos materiais podem representar o objeto de uma maneira tão precisa e completa como o faz um conjunto de enunciados”.

Esta é a concepção de modelo científico com a qual os educadores coadunam, uma vez que se fundamenta em um realismo crítico, visão filosófica que considera o conhecimento científico como fruto de uma construção conceitual e não mera interpretação direta ou imediata via percepção, o que pressuporia, ao

contrário, um realismo ingênuo, em que todo o conhecimento seria dado imediatamente pelos sentidos. Isto não significa, é claro, que o uso de imagens e figurações seja algo totalmente descartado pela ciência: muito pelo contrário, pois, conforme mencionou Bunge (1974), elas até ajudam a compreender as ideias difíceis e algumas vezes até mesmo a inventá-las. Entretanto, sempre é preciso um certo cuidado, pois, muitas vezes, as imagens podem estabelecer falsas correlações com os fenômenos. Assim, o conhecimento da realidade exige sempre uma construção teórica ou conceitual elaborada e fundamentada em objetos-modelo e modelos teóricos.

Silva e Catelli (2020) percebem que, em se tratando de Ensino de Ciências (saber a ensinar), a utilização de modelos muito abstratos pode trazer limitações à compreensão e aprendizado dos alunos, principalmente daqueles do ensino fundamental, considerados iniciantes em ciências, os quais usam uma linguagem mais comum e familiar para tecer suas explicações psicológicas da realidade. Nesse sentido, em se tratando do ensino de ciências, os pesquisadores divergem de Mario Bunge e concordam com os educadores em ciências Alberto O. Cupani e Maurício Pietrocola, quando eles afirmam:

Cumprir notar que alguns modelos seriam mais facilmente transpostos para o contexto do ensino do que outros, em função de sua natureza. Os **modelos ditos figurativos**, isto é, que de alguma forma se reduzem aos objetos familiares ou deles se aproximam (como as imagens de corpúsculos em movimento, por exemplo), acabam por se constituir em versões mais fáceis de serem pensadas pelos não iniciados. Para a ciência, tal característica se constitui num luxo que não deve ser perseguido. Mas em se tratando do contexto educacional, tais modelos parecem mais facilmente ensináveis (e supostamente aprendíveis) (Cupani; Pietrocola, 2002, p. 18).

Tal divergência se mantém apenas no âmbito do trabalho da transposição didática, pois o objetivo dos educadores em ciências (Silva; Catelli, 2020) é o Ensino de Ciências; logo, pretendem vestir seu objeto-modelo de uma estrutura didática, figurativa, concreta, psicológica, pedagógica, sob uma nova representação, não genuinamente aquela da Ciência, mas um objeto estruturado sob uma linguagem mais familiar e comum, mais próxima da linguagem utilizada pelos alunos; representação hipoteticamente mais fácil de ser compreendida e apreendida. Porém, deve-se considerar que as representações figurativas são originadas a partir de uma linguagem mais abstrata e conceitual, sempre com base em algum objeto-modelo científico, o qual lhe serviu de referencial ou ponto de partida.

Portanto, os educadores em ciências (Silva; Catelli, 2020) ilustraram como funciona esse trabalho de transposição didática *Stricto Sensu*, de elaboração de um modelo didático a partir de um modelo científico. Ou melhor, de como ocorre a transposição de um objeto-modelo conceitual para um objeto-modelo figurativo, desenvolvendo assim a noção de objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD), objeto desenvolvido para o ensino-aprendizagem do: a) movimento diário do Sol; b) da duração aproximada do período diurno e noturno, para qualquer localidade do mundo; e das c) diferentes posições do nascimento e ocaso do Sol ao longo do ano.

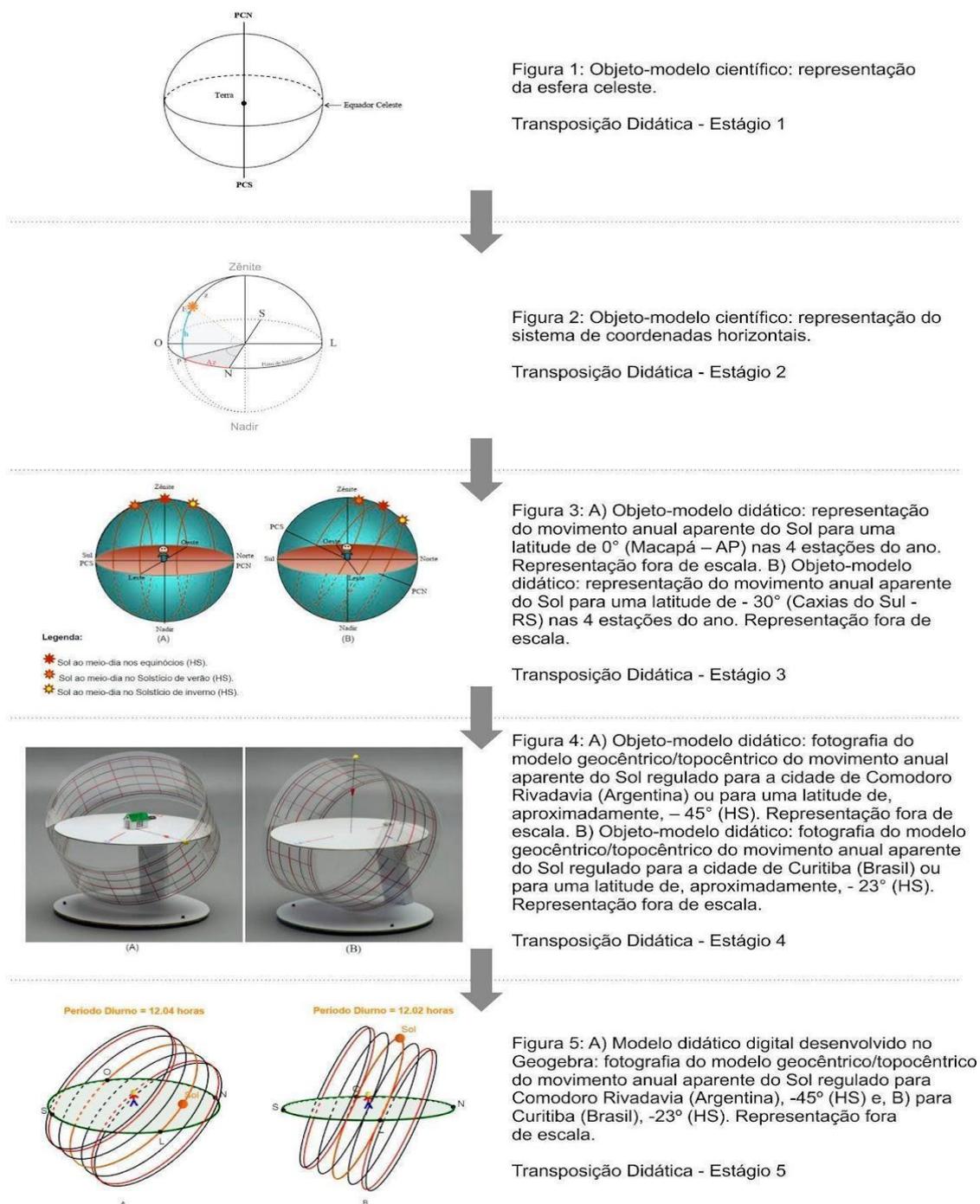
Observa-se que o que eles definem como OMMCAD é, de um lado, o resultado da reconstrução ou da recontextualização dos atributos teóricos em torno dos objetos-modelo científicos (2D) os quais foram transpostos para um novo formato, o de uma representação concreta (3D), estruturado sob relações analógicas, elaborado com materiais recicláveis e de baixo custo de confecção; de outro lado, consideram também uma maneira de se trabalhar com esse objeto por meio de uma prática educativa de modelização, isto é, mediante atividades de construção, elaboração e utilização de modelos que valorizem a linguagem utilizada pelos alunos, bem como suas analogias e metáforas nas explicações e previsões da realidade.

Resumidamente, o processo de elaboração do OMMCAD iniciou-se a partir da percepção dos elementos conceituais ou abstratos presentes em duas representações bastante conhecidas na ciência astronômica, disponíveis em livros científicos de astronomia: a esfera celeste (transposição didática estágio 1) e o sistema horizontal de coordenadas astronômicas (estágio 2), considerados pelos autores como objetos-modelo científicos, pois suas imagens encerram conceitos da geometria matemática, os quais são relacionados a conceitos da astronomia celeste. Depois, o próximo passo (estágio 3) foi demonstrar como esses modelos de partida (dos estágios 1 e 2) aparecem em enciclopédias e livros didáticos de ciências e geografia, quer dizer, como os elementos conceituais e abstratos dos modelos científicos ganham “carne”, ganham “vida”, ao adquirir uma nova estrutura representacional figurativa; representações também conceituais, porém, com menor nível de abstração, com menor número de variáveis, contendo novos elementos, formatos e cores, de modo a adquirir uma linguagem mais familiar para os alunos.

Ao final do processo (estágio 4) surge o OMMCAD, como resultado da transposição didática a partir dos modelos dos estágios anteriores (Silva; Catelli, 2020).

Em uma pesquisa mais recente, Silva *et al.* (2022) desenvolveram uma versão digital do OMMCAD, o que poderíamos considerar como mais um estágio (5) deste trabalho na transposição didática *Stricto Sensu*. Esse processo de reelaboração ou recontextualização de objetos-modelo científicos para o formato de objetos-modelo didáticos ou, simplesmente, modelos didáticos, pode ser observado no esquema abaixo (Figura 10):

Figura 10 - Estágios da transposição didática de reelaboração de modelos científicos para modelos



Fonte: Adaptado de Silva; Catelli (2020); Silva; Catelli; Dutra (2021); Silva *et al.* (2022).

O trabalho de modelização do OMMCAD com 11 alunos do 3.º ano do nível médio, conforme apontou a pesquisa de Silva (2011) e de Silva e Catelli (2020), demonstrou-se promissor para as finalidades de ensino-aprendizagem esperadas, conforme concluíram, apenas para citar um exemplo:

A pesquisa com os alunos do Ensino Médio nos permitiu descobrir que o OMMCAD foi de fato um objeto do saber a ensinar adequado para trabalharmos com a temática do movimento aparente do Sol, [...] oportunizou lhes o entendimento de que o Sol não nasce “sempre” no Leste e se põe “sempre” no Oeste conforme aprenderam na escola com seus antigos professores (baseado nas representações inadequadas dos livros didáticos) (Silva; Catelli, 2020, v. 42, p. 17. Grifos dos autores).

Os educadores acreditam ainda, conforme também perceberam a partir do relato de alguns alunos participantes da pesquisa, que o método de ensino-aprendizagem que utilizaram, baseado na modelização do OMMCAD, poderia ser aplicado com alunos bem mais jovens, ao nível do ensino fundamental, por exemplo, pois este método parece ser de fácil compreensão e exequibilidade. Assim, Silva e Catelli (2020) sugerem que, em um próximo trabalho, a modelização do OMMCAD seja levada para a escola para ser desenvolvida em uma formação continuada com professores de Ciências Naturais do Ensino Fundamental, a fim de compartilharem este método, contribuindo com a prática dos professores escolares.

5.5 Modelos e Modelagem: na visão da psicologia cognitiva

Conforme os educadores em ciências Gilbert e Justi (2016), devido à grande importância dos modelos na Ciência, é presumível a sua relevância no Ensino de Ciências. Assim, consideram que os mais distintos significados se encontram na filosofia da ciência e na psicologia cognitiva e estão relacionados a duas formas usuais: o modelo como “representação” e o modelo como “artefato epistêmico”. Consideram ainda que, para a educação em ciências, a noção de artefato epistêmico parece ser mais valiosa. De igual importância é o papel da analogia, da experimentação e da argumentação na elaboração e construção dos modelos.

Gilbert e Justi (2016, p. 32) compreendem os modelos como “artefatos epistêmicos”, os quais fazem parte da prática científica pautada em “simplificar, explicar, abstrair, argumentar, prever, representar, projetar experimentos e/ou outros modelos” e a modelagem como um processo de construção do conhecimento que, ao mesmo tempo, é visto como algo complexo, cíclico e não-linear e obedece a quatro etapas: criação, propósitos, experiências e fontes.

Inicialmente, o modelador deverá definir o propósito inicial para o seu modelo ou “proto-modelo” (noção que ele define como semelhante a de um modelo mental e de um artefato) ou envolve a compreensão desse modelo quando o mesmo foi elaborado por outra pessoa ou pesquisador (Gilbert; Justi, 2016, p. 33). Após, deve

considerar as experiências relacionadas ao assunto a ser trabalhado as quais irão servir de apoio para a criação do modelo, experiências que poderão ser recolhidas a partir da estrutura cognitiva de alguém (modelos mentais, concepções prévias) ou através do que a literatura da área oferece a esse respeito (pesquisas científicas) ou com base em dados empíricos. Tanto a etapa da criação como a da experiência estão inter-relacionadas e uma poderá fornecer elementos para a outra. A partir do propósito inicial do modelador o proto-modelo é construído ou até mesmo a partir da substituição do propósito inicial por outro propósito. Finalmente, o proto-modelo poderá usar como fonte uma analogia ou uma estrutura matemática que permitirá relacioná-lo com os dados da experiência, sustentando o desenvolvimento ou a criação do modelo.

Uma última etapa da modelagem é a “expressão” do proto-modelo através de alguma forma de representação adequada, que pode ser em forma de desenhos, diagramas, mapas, esquemas (bidimensional) ou concreta (tridimensional), ou ainda em forma de simulações (virtual), de gestos, ou em linguagem matemática e linguagem verbal. Assim, os autores compreendem um artefato no mesmo sentido de Knuuttila (2011): “não apenas como objetos concretos, mas como quaisquer representações externas que podem ser manipuladas de maneiras diferentes e adequadas” (Gilbert; Justi, 2016, p. 33).

Após definida a forma de representação a ser utilizada, o modelador deverá definir os significados ou “códigos da representação”, isto é, os significados dos elementos conceituais presentes no modelo.

Por exemplo, em um modelo concreto de bola-e-bastões de uma substância química, é necessário especificar que as bolas representam os átomos que constituem a substância, que os bastões representam ligações covalentes e que as cores distintas para bolas representam elementos específicos (Gilbert; Justi, 2016, p. 34, tradução nossa).

Conforme os autores, o modelo externalizado, colocado sob uma estrutura representacional, não é isomorfo ao proto-modelo, ou seja, ele normalmente o expressa de modo apenas parcial, visto que as representações possuem seus limites.

Outro aspecto importante é o “teste do modelo” que pode passar por experimentações, manipulações ou apenas no nível mental, o que vai depender do evento a ser modelado e dos recursos que se tem para realizar o teste. Assim como

na ciência, um modelo só adquire valor enquanto pode ser testado e validado. (Gilbert; Justi, 2016).

Por fim, vem a “avaliação do modelo”, que envolve a identificação das suas finalidades e limitações ao ser empregado em distintos contextos, momento em que o modelador deverá apelar para o convencimento de suas ideias quanto à validade do seu modelo. Caso haja alguma limitação que impeça a utilização do modelo, o mesmo deverá retornar ao “ciclo do modelo de modelagem” (Gilbert; Justi, 2016, p.35) para reavaliação.

Os autores sustentam ainda que o raciocínio por meio da analogia poderá auxiliar o modelador na escolha da sua fonte para o proto-modelo quanto para realizar a sua testabilidade, pois o raciocínio analógico auxilia no processo criativo de elaboração do proto-modelo; na escolha do tipo de representação mais adequada para sua expressão; para fundamentar um teste; para servir de suporte a uma simulação; para levar o modelo a diferentes contextos e para o convencimento da sua utilidade e validade.

5.5.1 Algumas abordagens em Ensino de Ciências envolvendo modelos e modelagem

De acordo com os educadores Gilbert e Justi (2016, p. 57), existem duas formas gerais de abordagem para o ensino de ciências. A primeira diz respeito ao ensino baseado em modelos ou “*model-base teaching*” que tem relação com a utilização de modelos pelos alunos, e o ensino baseado em modelagem ou “*modelling-based teaching*”, ou abordagem MBT, que tem relação com a criação e a utilização de modelos pelos alunos.

Os autores (2016) sustentam uma educação em ciências que seja a mais próxima possível daquela desenvolvida pela ciência, que denominam Educação Científica Autêntica, a qual:

- a) Visa o envolvimento dos alunos em situações de ensino-aprendizagem que envolvam raciocínio e práticas científicas;
- b) Visa o reconhecimento da criatividade no trabalho científico e na história da ciência;

c) Visa fornecer aos alunos uma compreensão sobre as entidades e fenômenos do mundo como experiência humana para compreender os distintos momentos do passado, presente e futuro.

Os estudiosos consideram a modelagem como um processo fundamental para demonstrar o papel do conhecimento científico na educação em ciências, pois este é um processo diretamente ligado ao trabalho de “produção, validação, disseminação e uso do conhecimento científico” (Gilbert; Justi, 2016, p. 57). Assim, quando o ensino de ciências se fundamenta em atividades de modelagem, está contribuindo diretamente para o envolvimento ativo dos alunos no processo de sua aprendizagem, “pois permite que eles criem modelos, expressem-nos, avaliem tanto seus próprios modelos, aqueles produzidos por seus colegas e/ou apresentados pelo professor, quando discutindo sobre todos eles” (Gilbert; Justi, 2016, p. 58).

O ensino baseado em modelagem assume uma abordagem construtivista, sociointeracionista, pois considera que a construção de conhecimento é resultado das interações dos alunos com outros alunos, com seus professores e com os objetos do conhecimento. Relações essas que, por meio da modelagem, permitem o estabelecimento de “n” outras relações (entre pessoas e objetos) e fundamentam práticas educativas científicas. “Assim, o envolvimento dos alunos no MBT ajuda a promover uma compreensão que vai além da memorização mecânica de fatos e informações” (Gilbert; Justi, 2016, p. 58).

Considera importante uma compreensão sobre a sigla MBT que muitas vezes tem sido empregada de modo indiscriminado entre os autores, tanto como ensino baseado em modelo ou em modelos, quanto no ensino baseado em modelagem. Assim, sustenta que o mais adequado seria ensino baseado em modelagem, uma vez que o ensino baseado em modelo/modelos diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem baseado em um modelo pré-definido pelo professor, enquanto o ensino baseado em modelagem refere-se a “um processo educativo em que os alunos estão envolvidos na modelagem de uma determinada entidade” (Gilbert; Justi, 2016, p. 59). Nesse sentido, consideram que o ensino baseado em modelagem exige um nível cognitivo e de criatividade um pouco maior que aquele baseado em um objeto pré-construído, a ser utilizado como ponto de partida pelo

aluno. Uma abordagem com nível de dificuldade bastante elevado, por isso indicada para alunos mais experientes em modelagem.

5.5.2 Modelos e modelagem: cinco categorias de abordagens

Conforme sugerem Gilbert e Justi (2016, p. 61), existem cinco tipos distintos de abordagens, de algum modo inter-relacionadas, as quais encontraram na literatura, que podem fundamentar trabalhos envolvendo modelos e modelagens:

a) **Aprendendo modelos curriculares** - *“learning curricular models”*: situação em que os alunos devem aprender um determinado conteúdo da ciência ou produto científico por meio de um modelo didático. Um exemplo de produto da ciência que pode ser ensinado através de um modelo didático é aquele da estrutura atômica de Niels Bohr que poderá ser desenvolvido através de relações analógicas com o sistema solar.

b) **Aprendendo a usar modelos** - *“learning to use models”*: situação em que os alunos, após ter conhecimento de um determinado modelo, conseguem aplicá-lo para explicar um determinado fenômeno. Um exemplo é quando um aluno aprende sobre os estados da matéria, quando aprende como um sólido é dissolvido, consegue transferir esse conhecimento para explicar a partir daí como o ar é preenchido pelo perfume de uma flor.

c) **aprendendo a revisar modelos** - *“learning to revise models”*: situação em que os alunos conseguem empregar um modelo aprendido em um contexto e também levá-lo a outros contextos distintos. Um exemplo é quando após aprendido sobre um modelo de controle de uma determinada doença em um ambiente, verifica-se se o mesmo modelo é aplicável a outro ambiente distinto.

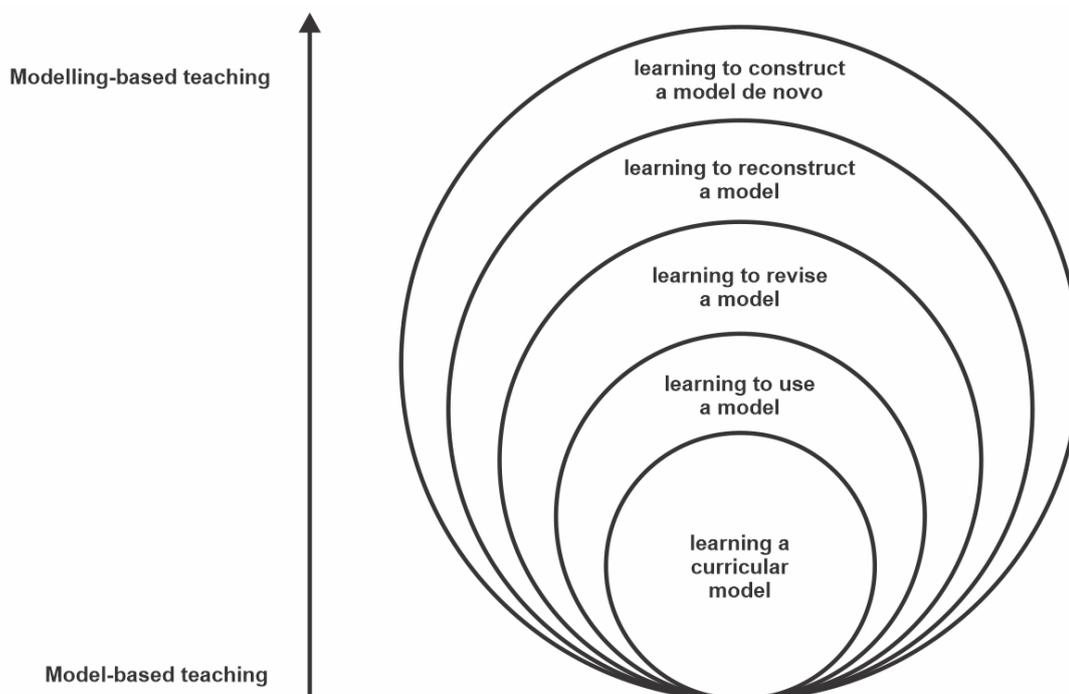
d) **Aprendendo a reconstruir um modelo** - *“learning to reconstruct a model”*: situação em que os alunos reconstróem um modelo já conhecido por eles, porém usando outros modos de representação que também possam ser utilizados para explicar a mesma situação ou fenômeno em estudo. Um exemplo é quando a partir

de um determinado modelo qualitativo (concreto) se utiliza um modelo quantitativo (matemático) para explicar o fenômeno.

e) **Aprendendo a construir um modelo de novo** - “*learning to construct a model de novo*”: situação em que os alunos se deparam com um modelo ainda não conhecido por eles e precisam pensar na situação ou no fenômeno que deverá ser modelado, momento em que são estabelecidos perguntas, dúvidas e diálogos a fim de obterem uma compreensão do que precisam modelar e também para chegarem a um planejamento para construção, testagem e validação do seu próprio modelo mental. Nesta situação cabe ao professor realizar a mediação de modo que os alunos sejam envolvidos na modelagem.

Conforme Gilbert e Justi (2016), embora cada uma dessas abordagens tenha características específicas e encerre distintos níveis de modelagem, ainda assim são abordagens científico-educacionais que podem ser inter-relacionadas, podendo o professor deslizar entre elas, trabalhando com seus alunos desde um nível mais simples até outro mais complexo. Assim, existem distintos níveis de abordagens envolvendo modelos e modelagem (Figura 11).

Figura 11 - Distintos níveis de aprendizagem baseado em modelos e modelagem



Fonte: Gilbert e Justi (2016, p. 62).

A aprendizagem baseada apenas no uso de modelos é um tipo de “aprendizagem exploratória” na qual os alunos utilizam um determinado modelo previamente construído, porém sem envolvimento na modelagem propriamente dita, o que envolveria a testagem, a revisão e a avaliação do seu modelo mental. “Essa abordagem de aprendizagem é a base do que caracterizamos como ensino baseado em modelos” (Gilbert; Justi, 2016, p. 62).

A aprendizagem baseada na revisão de um modelo exige o estabelecimento de relações de significado entre um modelo e o “campo de sua empregabilidade”. Um tipo de aprendizagem em que o aluno interage e modifica um modelo prévio, que não é seu propriamente dito, isto é, “não é seu modelo mental original” (Gilbert; Justi, 2016, p. 62). Conforme os autores, trata-se de uma importante etapa do aprendizado de modelagem, mas a sua extensão é ainda um pouco limitada, pois não parte de um modelo mental genuinamente do aluno.

A aprendizagem baseada na reconstrução de um modelo é uma “modelagem de consulta” (Gilbert; Justi, 2016, p. 62), pois pressupõe a participação dos alunos em todos os níveis de modelagem, além da garantia de saberem estar reconstruindo um modelo científico já aceito e validado pelos cientistas, enquanto a aprendizagem baseada na construção de um modelo de novo é uma “modelagem expressiva” (Ibidem, p. 62) onde o aluno é instigado a construir seu conhecimento através de um modelo que é genuinamente seu, a partir do seu próprio modelo mental, algo que é considerado totalmente novo para eles.

5.5.3 Visualização e Modelagem

De acordo com Gilbert e Justi (2016) a visualização é elemento fundamental para a criação e para a comunicação de modelos. Está presente tanto nas representações mentais (internas) dos indivíduos quanto nas representações externas (públicas). As representações externas são elaboradas com base na percepção e estão de algum modo ligadas aos órgãos dos sentidos (visão, audição, tato, olfato e paladar). No ensino de ciências as principais representações externas podem ser divididas em: “gestual, concreta, visual estática (imagens, diagramas, gráficos, equações matemáticas e químicas), visual dinâmica (drama, animação, simulação), oral e auditiva” (Gilbert; Justi, 2016, p. 121).

5.5.4 Criando e representando visualizações

Partindo do pressuposto de que os modelos se originam inicialmente na cabeça das pessoas, isto é, no formato de modelos mentais, e são retidos por uma visualização, os pesquisadores, Gilbert e Justi (2016), sustentam que uma das maneiras de comunicar as informações retidas internamente pelos indivíduos (alunos, professores) pode ser por meio de uma representação para tal visualização, as quais são geralmente interpretadas pelos órgãos dos sentidos. Quando essa visualização interna ganha a forma de uma representação externa, então poderá ser utilizada pelos indivíduos para a interpretação dos seus significados. “Embora o criador de uma representação externa pretenda que os significados nela incorporados sejam compreendidos por todos os que a percebem, essa ambição muitas vezes não é realizada” (Gilbert; Justi, 2016, p. 122). Tal constatação vem do fato de que os alunos possuem concepções de senso comum que são divergentes das concepções científicas. De qualquer modo, representações externas se originam de representações internas por meio de algum tipo de visualização. Assim, tanto as representações mentais (internas) quanto as representações externas (públicas) se desenvolvem, de algum modo, a partir de visualizações.

Conforme sustentam ainda, a visualização interna e a visualização externa funcionam em três níveis: “macroscópico”, “submicroscópico” e “simbólico” (Gilbert; Justi, 2016, p. 123). O primeiro nível, macroscópico, é aquele relativo ao fenômeno em estudo, o qual é percebido de forma direta pelo indivíduo, como, por exemplo: “uma solução de um produto químico; um disco se movendo em uma superfície de baixo atrito; a seção transversal de uma folha”. O segundo nível, submicroscópico, é aquele cuja representação dos seus elementos encontra-se implícita ao nível macroscópico como, por exemplo: “moléculas ou íons em solução; lubrificantes entre o objeto e a superfície sobre a qual ele se move; células de plantas”. O terceiro nível, o simbólico, é aquele estruturado em elementos abstratos e quantitativos para descrever os elementos do nível submicroscópico como, por exemplo, a utilização de equações químicas e matemáticas para calcular as quantidades, representar os movimentos e fazer descrições.

5.5.5 Tipos de Representação Externa

As percepções que temos do mundo passam pelos órgãos dos sentidos. Assim, são dependentes da visão, da audição, do olfato, do paladar e do tato. Porém, o paladar e o olfato são bem pouco utilizados nas representações externas de modelos científicos, devido a suas limitações. Desta forma, a visão, a audição e o tato são mais utilizados e “fornecem os três modos genéricos de representação externa, enquanto seu significado perceptivo é tão grande que cada um produziu uma série de submodos” (Gilbert; Justi, 2016, p. 123) onde cada um dos modos e submodos viabiliza a percepção dos elementos de um modelo, enfatizando-os ou omitindo-os, a partir de um código de representação específico e distinto do modelo mental que lhe deu origem; além disso, esses modos e submodos permitem com que as representações externas desenvolvam ou modifiquem as representações internas dos indivíduos.

5.5.6 Representação externa a partir do toque: o gestual e o concreto

Conforme os autores (2016) o toque implica dois modos de representação externa, um implícito e outro explícito. O primeiro, o implícito, ocorre através de gestos e o segundo, explícito, através de materiais concretos.

5.5.6.1 O gestual

O modo gestual é acionado quando uma pessoa tenta explicar algo para outra pessoa utilizando-se de movimentos de alguma parte do corpo (mãos, braços, pernas, cabeça, olhos, etc.). Muitas vezes é feito de maneira despercebida. Embora a representação gestual tenha sido ignorada na educação em ciências, pois normalmente tem sido substituída pela fala, seus significados podem auxiliar na compreensão das palavras pronunciadas, no ato mesmo da fala.

O valor dos gestos pode, portanto, ser a capacidade de identificar e enfatizar o compromisso emocional, positivo ou negativo, com o que está sendo retratado pela fala de uma pessoa que faz uma representação. Para aqueles com deficiência auditiva, os gestos são valiosos: para os surdos, a 'linguagem de sinais' é realmente inestimável (Gilbert; Justi, 2016, p. 124, tradução nossa).

Percebem, a partir de algumas pesquisas focadas nos gestos que os alunos fazem, que a sua importância está relacionada àquelas situações em que a

elaboração de uma representação interna é uma tarefa bastante difícil de ser realizada. Assim, consideram o gesto como um modo de representação que auxilia na cognição, no raciocínio, na formação de conceitos e nas representações internas dos indivíduos.

5.5.6.2 O concreto

As representações concretas ou materiais podem ser do tipo homeomorfas, ou seja, podem ser produzidas de maneira similar ao objeto que está sendo representado, com dimensões maiores ou menores. Por exemplo, a representação de um carro em miniatura com base em um carro na sua versão original. Outras representações concretas ou materiais são do tipo paramorfas, ou seja, o objeto a ser representado e a representação são constituídos de materiais distintos, embora se relacionem de maneira analógica. A grande maioria das representações concretas existentes é desse último tipo (Gilbert; Justi, 2016).

Um exemplo típico em química é a representação de bola-e-bastão na forma de uma molécula individual produzida em poliestireno. Uma em biologia é a representação 'cortada' da relação veias/artérias na circulação sanguínea de um corpo, produzida pelo uso de plásticos moldáveis. Em física, uma representação 'explodida' de um circuito microeletrônico feito de fio permite que as funções das partes do original sejam prontamente discutidas (Gilbert; Justi, 2016, p. 126, tradução nossa).

Atualmente, pode-se encontrar uma imensa gama de representações materiais (paramórficas) disponíveis no mercado, em muitos países, algumas sob proteção intelectual são vendidas para finalidades científicas. A técnica da impressão em 3D é a mais recente, o processo consiste no escaneamento de objetos com base em programas de modelagem inseridos em um computador, que a partir de alguns comandos o imprimem, segundo o tipo de material escolhido. (Gilbert; Justi, 2016).

5.5.7 Representações externas a partir da visão: representações estáticas e dinâmicas

Os educadores em ciências (2016) tipificam as representações externas baseadas na visão em dois tipos: a) representações estáticas: fotos, diagramas, gráficos, mapas, tabela de dados, modelo matemático, equação química e; b)

representações dinâmicas: drama, vídeo, animação e simulação. Vejamos algumas de suas características:

a) Representações estáticas:

Fotos

As fotografias tornaram-se bastante difundidas nos últimos anos, principalmente pelo frequente uso de celulares, câmeras digitais e *tablets* pela população, e podem cada vez mais contribuir com a educação em ciências, consideram os autores. A primeira contribuição é que a fotografia consegue prender a atenção do aluno para os elementos textuais que elas podem trazer. A segunda contribuição é que elas podem resumir elementos distintos e partes muito grandes de um texto, quando projetadas. A terceira contribuição é que elas podem manter a estrutura dos objetos fotografados sem os deformar, permitindo uma melhor avaliação das imagens.

As fotografias adquirem valor quando a elas estão relacionadas algum tipo de informação textual, adquirindo diversas funções, conforme as suas legendas. Elas podem servir apenas para embelezar um texto, neste caso sem possuir nenhuma relação com ele; servir ainda para representar partes de um texto, embora sem acrescentar alguma novidade a ele; podem ainda servir para organizar um texto, de modo a fornecer uma estrutura para o seu conteúdo; podem também desenvolver um papel interpretativo, fornecendo elementos para compreensão de termos difíceis e; ainda mais, podem servir como elemento de transformação de um texto, permitindo a sua memorização por meio de uma estrutura mnemônica. De qualquer modo, as fotografias quando utilizadas em contextos educacionais devem fornecer clareza quanto ao seu papel e evitar gerar confusões nos indivíduos.

Diagramas, gráficos, mapas

Embora sejam considerados distintos modos de representação externa, diagramas, gráficos e mapas apresentam elementos em comum e uma vasta gama de sub-modos. Por exemplo, “‘diagramas de fluxo’, ‘diagramas de Venn’, ‘mapas conceituais’ todos se enquadram na estrutura geral de ‘diagrama’” (Gilbert; Justi,

2016, p. 127). O objetivo de um diagrama é apresentar dados qualitativos por meio de símbolos, por meio de setas, de linhas, por exemplo, a fim de associar imagens para representar aspectos de um determinado objeto ou fenômeno. O dos mapas conceituais é o de representar “estruturas organizacionais e relacionamentos entre classes de entidade, por exemplo, ao representar hierarquias” (Gilbert; Justi, 2016, p. 127). Já o objetivo dos mapas seria o de apresentar dados quantitativos para explicar a distribuição e o funcionamento dos objetos que têm uma existência real.

Gráficos

Os gráficos visam apresentar dados quantitativos a partir de variáveis. Existem gráficos de vários tipos: os mais conhecidos são os gráficos de linha (categórico ou contínuo), o de barras e o de pizza. As variáveis podem ser do tipo dependente (x) ou independente (y). Aos gráficos podem ser inseridos rótulos, escalas, título. Cada gráfico tem sua especificidade, por exemplo, enquanto o gráfico de barras classifica os dados, o de linha mostra a tendência deles, o de pizza, as suas proporções.

Tabela de dados

Normalmente, uma tabela de dados é desenvolvida antes de um gráfico. A tabela serve para organizar e distribuir os dados e suas variáveis seguindo uma determinada ordem que pode ser cronológica ou não.

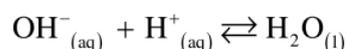
Modelos matemáticos

A definição de modelo matemático e de modelagem matemática ainda não parece ser algo consensual entre os pesquisadores. Uma abordagem apropriada considera que um modelo matemático é: “uma representação de algum aspecto do mundo como experimentado pelo uso de técnicas matemáticas de tal forma que as previsões possam ser feitas sobre ele” (Gilbert; Justi, 2016, p. 128). As aplicações dos modelos matemáticos em matemática e o ensino de conceitos fundamentais em física, química e biologia parecem ter sido a tendência em modelagem matemática nos últimos anos, porém, “existem algumas evidências de que a modelagem

matemática, como um processo mental, suporta o desenvolvimento conceitual, em geral” (Gilbert; Justi, 2016, p. 128). Atualmente, devido a sua grande importância para a metodologia científica, os modelos e a modelagem matemática têm sido cada vez mais direcionados ao currículo escolar, em todos os níveis de ensino, principalmente ao nível superior entre as carreiras científicas e tecnológicas, em que adquire fundamental importância para a criação e comunicação do saber.

Equações químicas

Uma equação química é um tipo de representação visual que apresenta código de representação particular, estruturada por convenção sob a égide de regras internacionais. Sua função é a de modelar um sistema químico a ser validado por um profissional da área. Utiliza um padrão de símbolos para seus elementos que obedecem à lei de Lavoisier para a conservação da massa. Apresenta os diferentes estados da matéria, suas reações e alterações. Uma representação para as reações entre o hidróxido de potássio e ácido clorídrico quando misturados em água pode ser a seguinte:



b) Representações dinâmicas:

Sustentam que as representações visuais dinâmicas podem ser classificadas em quatro tipos: drama, vídeo, animações e simulações; elas descrevem os movimentos à nossa volta e estão sempre subordinadas à visão.

Drama

Utiliza-se dos gestos na representação. Um exemplo de drama é o teatro, que tem sido utilizado na educação em ciências para a encenação de aspectos históricos de uma determinada ciência, para a encenação de crimes e outras situações de cunho científico. O uso da dramatização para o desenvolvimento da dialogicidade e da aprendizagem dos alunos tem sido visto como algo bastante positivo.

Vídeo

Cada vez mais popularizado no ensino de ciências é o vídeo, que tem auxiliado no registro das atividades nas investigações em trabalhos de modelagem. A criatividade na utilização e na montagem de vídeos pelos alunos é algo que sobressai, e soma-se a ela a exigência cognitiva para a sua montagem que envolve uso de cores, imagens, textos, informações, áudios e o controle da velocidade da apresentação. O ensino através de vídeo deve oportunizar aos alunos uma análise em torno das questões mais relevantes para sua confecção e apresentação.

Animação

A animação é uma representação da realidade que procura capturar as modificações sofridas por um fenômeno ao longo do tempo, modificações que podem ser lentas ou rápidas e que são difíceis de serem identificadas em um vídeo, por exemplo. O foco da animação é o fenômeno e as relações e as modificações sofridas por ele no tempo. A interação dos usuários com a animação é um pouco limitada, em alguns casos é possível acelerar ou desacelerar o tempo através de um botão.

Simulação

A simulação tem relação com a animação, porém, enquanto na animação busca-se a representação do real, na simulação a representação focaliza um objeto e não a realidade em si. Aqui os usuários têm mais liberdade, pois podem realizar manipulações diversas, modificar a estrutura dos objetos e interferir em seus movimentos. Com auxílio de computadores cada vez mais modernos, em termos de espaço e de velocidade, tem-se verificado uma adesão crescente a esse tipo de representação no ensino de ciências. Assim, a partir de um modelo material é possível criar uma versão 3D dele, adquirindo assim o formato de uma representação virtual.

5.5.8 Representações externas a partir da fala e da audição

A modelagem é uma metodologia de ensino fundamentada em práticas autênticas, isto é, que de algum modo retratam as práticas desenvolvidas nas comunidades científicas. Assim, quando desenvolvidas no ambiente escolar, identificam na fala e na audição distintas formas de representação a serem exploradas. Na escola, a modelagem deve propiciar contextos interativos e dialógicos entre os alunos e professores; deve permitir que a fala e audição sejam elementos importantes para se desenvolver a “prática da argumentação” e o “raciocínio analógico” (Gilbert; Justi, 2016, p. 131).

5.5.9 O concreto no desenvolvimento da visualização

Os modelos concretos ou materiais são bastante cativantes no ensino, pois têm o papel de manter a estrutura do representado. Seu uso é mais corriqueiro nos anos iniciais nas disciplinas de química, quando se trabalha a dimensão espacial das moléculas e cristais, e também na biologia, na representação dos órgãos do corpo humano. Atualmente, alguns modelos concretos têm sido encontrados em versões computacionais em 3D, substituindo o real pelo virtual. De qualquer modo, a visualização com base em modelos materiais ou virtuais precisa ser desenvolvida gradualmente, a partir da experiência e da manipulação desses modelos. Além disso, é preciso atentar para os códigos da representação presente em cada modelo e tentar compreendê-los (Gilbert; Justi, 2016).

5.5.10 As animações e simulações no desenvolvimento da visualização

Ainda não se tem uma definição clara sobre as vantagens do uso das animações e simulações no ambiente educacional, porém, existem alguns critérios para potencializar as aprendizagens por meio da criatividade durante o uso desses modos de representação (Gilbert; Justi, 2016):

- Apenas deverá ser utilizada a animação e a simulação depois que os alunos tiverem uma noção sobre o que significam esses modos de representação;

- Devem fornecer uma ideia geral dos fenômenos em estudo, seus significados, alcances e limites;
- Devem permitir antes uma experiência com o fenômeno em estudo (direta ou indireta);
- Devem permitir que a representação seja trabalhada em partes, de modo a não sobrecarregar o sistema cognitivo dos alunos;
- Devem permitir que a representação seja desacelerada para não sobrecarregar a capacidade cognitiva do aluno;
- Devem permitir com que os alunos façam relações com o seu cotidiano, de modo que seja atrativo para eles, aumentando assim o seu engajamento;
- Devem permitir a metacognição dos alunos, de modo que eles consigam perceber o que devem aprender e se estão progredindo na aprendizagem.

5.5.11 Analogias e modelagem: conduzindo as atividades de ensino-aprendizagem

Conforme os autores (2016), na modelagem, a utilização e a confecção de analogias é algo essencial. É em termos de semelhança entre um domínio conhecido (fonte) e um domínio desconhecido (alvo) que a analogia surge. “Uma analogia é criada quando alguns aspectos de um desconhecido alvo são comparados com os de uma [conhecida] fonte sobre o qual se sabe mais” (Gilbert; Justi, 2016, p. 149). Mesmo que existam analogias mais adequadas do que outras, sua principal função é a de explicar os modelos mais complicados, de difícil entendimento; assim, as analogias servem para auxiliar na compreensão daqueles modelos mais conceituais ou abstratos. Em práticas de modelagem elas desempenham um papel de criatividade.

Os pesquisadores Gilbert e Justi (2016) consideram que o uso da linguagem figurada não é apenas exclusivo dos cientistas; ela também está na mira dos educadores em ciências, principalmente, pois estes profissionais são os que mais

necessitam de construir novos significados para transpor para o contexto do ensino. Embora, algumas vezes na ciência sejam encontradas palavras de significados semelhantes: “metáfora, metonímia, sinédoque, símile” (Gilbert; Justi, 2016, p. 149), foi a noção de analogia que prevaleceu. O emprego de uma analogia pode se dar através de uma palavra ou de uma frase, que, a partir de então servirá como elemento de ligação entre o que já é conhecido sobre um determinado fenômeno, e o que é desconhecido a respeito de outro, motivo pelo qual se intenta conhecer, a partir do estabelecimento de relações entre os distintos domínios (conhecido e desconhecido).

5.5.12 Sobre analogias e modelos: uma extensa revisão da literatura

A partir de uma extensa revisão da literatura, os educadores em ciências (2016) percebem o quanto a analogia está presente no trabalho de psicólogos e educadores em ciências, alguns dos quais há muito vêm debatendo e reconhecendo o seu valioso papel para o ensino-aprendizagem de ciências. Percebem que existem distintas visões, mas uma coisa todos parecem concordar: “uma analogia é uma comparação que envolve o alinhamento e mapeamento de estruturas relacionais entre dois domínios” (Gilbert; Justi, 2016, p. 150), o que também concordam. O primeiro domínio é geralmente conhecido, ou supostamente conhecido (domínio-base ou domínio-fonte) e o segundo geralmente desconhecido (domínio-alvo). Conforme percebem, a partir de estudos de alguns de seus exegetas, tal alinhamento e mapeamento analógicos permitirão relações de sucesso caso (Gilbert; Justi, 2016, p. 150):

- tiverem “consistência estrutural”, quer dizer, se os elementos dos dois domínios evidenciarem um mapeamento isomórfico de dois modos: a) um mapeamento que relacione cada elemento do domínio-base com apenas um elemento do domínio-alvo e, b) a correspondência entre eles precisa ser expressada e argumentada.

Por exemplo, na analogia entre o átomo e o sistema solar, o sol corresponde ao núcleo atômico e os planetas correspondem aos elétrons. Em cada uma dessas correspondências, os elementos desempenham papéis semelhantes em uma estrutura relacional que se supõe ser comum à origem e ao destino; (Gilbert; Justi, 2016, p. 150, tradução nossa).

- tiverem “foco estrutural”, quer dizer, que os elementos de ambos os domínios se relacionam, mas sem a necessidade que elas sejam descritas em termos de semelhança.

Por exemplo, na analogia entre o átomo e o sistema solar, não importa se os planetas têm formas e tamanhos diferentes, mas assume que os elétrons são todos do mesmo tamanho, porque o mapeamento se preocupa com seus movimentos em torno de um ponto central (Gilbert; Justi, 2016, p. 150, tradução nossa).

- tiverem “sistematicidade”, quer dizer, se descreverem os elementos de maneira interligada, formando um sistema de relações.

Na analogia entre o átomo e o sistema solar, isso é mostrado, por exemplo, pelas seguintes relações de mapeamento conectadas: ‘o sol e os planetas se atraem’ & ‘o núcleo e os elétrons se atraem’; e ‘como o sol atrai os planetas, os planetas se movem ao redor do sol’ & ‘como o núcleo atrai os elétrons, os elétrons se movem ao redor do núcleo’ (Gilbert; Justi, 2016, p. 150, tradução nossa).

Os educadores recolhem outros papéis atribuídos às analogias, tanto na ciência quanto no ensino de ciências, como: o de fazer inferências; gerar explicações sobre domínios desconhecidos; auxiliar na comunicação de ideias e, principalmente, auxiliar na criatividade, tanto no sentido de auxiliar na elaboração de boas perguntas e no solucionamento de problemas, quanto no desenvolvimento do pensamento e na construção de conhecimentos. (Gilbert; Justi, 2016).

Os mesmos autores percebem que alguns pesquisadores, de modo associativo, analisam as relações entre as analogias e os modelos, de modo que estes são vistos como o resultado do raciocínio analógico a partir das relações entre os elementos de diferentes domínios (conhecido e desconhecido). Assim, um modelo pode ser visto como o resultado de um raciocínio com base em uma analogia, a exemplo do “‘modelo da água’ para o circuito elétrico [que] é baseado em um mapeamento analógico entre o comportamento dinâmico da água fluindo em um cano e os elétrons ‘se movendo’ em um fio” (Gilbert; Justi, 2016, p. 151). Além disso, o modelo da água poderá ser utilizado em analogia para, por exemplo, explicar o estouro de uma manada em movimento.

Outros pesquisadores de opinião parecida creem que as analogias podem servir de base para elaboração de modelos, principalmente de modelos mais elaborados e complexos, os quais por vezes fazem o uso de mais de um tipo de

analogia ou, além disso, servem-se, em parte, de uma analogia para que sua explicação seja realizada em algum aspecto. Nesse sentido, consideram que “um modelo não é em si uma analogia e uma analogia não pode representar todas as relações entre um determinado modelo [domínio de chegada] e a fonte [domínio de partida] que o originou” (Gilbert; Justi, 2016, p. 152).

Assim, conforme consideram ainda, a partir de outra análise de pesquisas na linha da educação em ciências, uma visão que também é compactuada pelos educadores é aquela que vê a analogia para além de um modelo, ou para além de uma auxiliar na concepção de um modelo; muito mais que isso, a analogia é compreendida como uma assistente do “raciocínio analógico”, considerado um dos “processos cognitivos criativos” propiciados pela modelagem (Gilbert; Justi, 2016, p. 152). Conforme os autores mencionados analisam (*Ibid.*), o raciocínio analógico desempenha um papel integrador tanto na criação de um proto-modelo, quanto nas etapas de sua expressão, testagem e avaliação.

5.5.13 Ensino de Ciências e o papel das analogias

Seguindo uma premissa construtivista, os autores consideram que as analogias de fato auxiliam na aprendizagem quando permitem com que os alunos relacionem um domínio conhecido com um domínio desconhecido. Assim, nessa perspectiva, os pesquisadores atribuem às analogias (Gilbert; Justi, 2016, p. 154, tradução nossa) diferentes papéis:

- fornecer visualizações de entidades invisíveis ou abstratas;
- facilitar a compreensão de entidades e/ou relacionamentos abstratos;
- aumentar o interesse dos alunos pelo assunto;
- tornar os conhecimentos prévios dos alunos mais claros para os professores;
- reestruturar os conhecimentos prévios dos alunos;
- apoiar a criatividade e o raciocínio dos alunos.

Os educadores em Ciências (2016) percebem que outros pesquisadores, por outro lado, avaliam com algumas ressalvas a utilização de analogias no ensino, uma vez que podem, ao contrário, desfavorecer a aprendizagem dos alunos:

- Eles podem não desenvolver uma compreensão razoável do domínio de partida (conhecido). Logo, para que uma analogia tenha efeito na aprendizagem, ela precisa estar relacionada, de algum modo, ao contexto dos alunos;

- Eles podem não conseguir estabelecer as relações que se esperam deles, entre os diferentes domínios (conhecido e o desconhecido);
- Eles podem fazer um uso inadequado da analogia ao tentar relacionar contextos distintos daquele que está sendo ensinado.

Contudo, consideram a importância do ensino baseado no uso de analogias, desde que os alunos também sejam estimulados a criarem as suas próprias analogias, estimulados a desenvolverem explicações para os fenômenos em estudo, já que nem sempre um domínio de partida pode ser algo já supostamente conhecido para eles, por isso, nem sempre condizente com aquele domínio de chegada. Ao tentarem criar as suas próprias analogias, os alunos estarão sendo incentivados a criar seus próprios modelos mentais (proto-modelo) para as situações que vivenciam. Nesse sentido, “uma das maneiras possíveis de apoiar a geração de analogias e o envolvimento no raciocínio analógico dos alunos é envolvê-los em modelos e atividades baseadas em modelagem” (Gilbert; Justi, 2016, p. 157).

5.5.14 Ensino-aprendizagem em modelagem e a formação de professores

Conforme os educadores em ciências sustentaram anteriormente, o ensino baseado em modelagem (MBT) pode ser trabalhado a partir de cinco abordagens distintas, desde níveis mais simples: quando o foco da aprendizagem está em modelos previamente definidos pelo professor, isto é, em modelos curriculares, ou na utilização de modelos, ou ainda, na revisão de modelos; até níveis mais complexos de abordagem, ou seja, na reconstrução de um modelo ou na construção de um modelo de novo, quando então é exigida a construção de um modelo a partir de um modelo mental do aluno. Seja qual for o tipo de abordagem escolhida, a responsabilidade em dirigir as aprendizagens dos alunos recai inteiramente sobre o professor (Gilbert; Justi, 2016), visto que ele é o principal responsável por:

- a) Decidir sobre qual o modelo curricular (modelo científico) irá trabalhar;
- b) Decidir sobre quais os modelos de ensino (modelos didáticos) são mais adequados para auxiliar na aprendizagem de um modelo científico;

- c) Definir os diferentes contextos de empregabilidade de um modelo;
- d) Definir os objetivos e as finalidades dos modelos a utilizar;
- e) Escolher os modos de representação para a produção dos modelos;
- f) Definir as experiências a realizar com o uso de modelos;
- g) Desenvolver as perguntas que irão fazer para proporcionar a criação, a testagem e a avaliação de um modelo mental pelo aluno;
- h) Motivar os alunos a se engajarem nas atividades de modelagem;
- i) Auxiliar nas dificuldades que surgirem durante a modelagem;
- j) Incentivar na comunicação e na argumentação de ideias.

Além dessas responsabilidades atribuídas ao docente, são-lhe delegados ainda alguns conhecimentos e habilidades referentes ao planejamento e à gerência do ensino através da modelagem. Assim, eles precisam saber:

- a) O que é um modelo;
- b) Para que serve um modelo;
- c) Quais as abordagens de ensino existentes e como conduzi-las;
- d) Qual a importância para a aprendizagem de um ensino pautado em modelos e em modelagem;
- e) Como desenvolver práticas de modelagem em sala de aula;
- f) Desenvolver uma experiência pessoal com práticas de modelagem;
- g) Identificar os elementos básicos de um modelo que está sendo representado;
- h) Identificar as potencialidades e as contingências dos modelos e de seus modelos rivais;
- i) Determinar as circunstâncias escolares para a utilização de um ensino baseado em modelagem.

Conforme identificaram em uma pesquisa mais ampla, aplicada com 86 professores de ciências holandeses, considerados experientes em modelos e em modelagem, verificou-se que, apesar da maioria conceber um modelo como uma representação simplificada da realidade, eles não conseguiram identificar alguns exemplos de modelos e tampouco conceberam a sua capacidade preditiva, evidenciando um conhecimento ainda bastante limitado desses profissionais. (Gilbert; Justi, 2016).

Os autores avaliaram outra pesquisa, realizada com 39 professores de ciências brasileiros, de distintos níveis de escolaridade, a qual visou identificar, pela via da entrevista, suas concepções sobre modelos, modelagem e sua utilização no ensino. Verificaram vários níveis de resposta e de concepções as quais demonstraram seu desconhecimento sobre o assunto, existindo “evidência de que a maioria dos professores pode não ter visões ontológicas e epistemológicas consistentes sobre os modelos” (Gilbert; Justi, 2016, p. 225). A respeito da concepção de modelagem, verificaram que os professores tinham visões inadequadas, pois a grande maioria não:

- (i) reconhecia a modelagem como um processo inerente e dinâmico de produção de conhecimento;
- (ii) identificava o papel de distintos modos de representação (ou mesmo reconhecia alguns deles como possíveis formas de expressar um modelo); e
- (iii) reconhecia a relevância de considerar o escopo e as limitações de um determinado modelo no processo (Gilbert; Justi, 2016, p. 225, tradução nossa).

Apesar disso, os professores brasileiros demonstraram-se conscientes sobre a importância do ensino por meio de modelos e de modelagem para a aprendizagem dos alunos, mesmo sem ter clareza dos seus papéis. Além disso, revelaram suas crenças a respeito de um ensino de ciências restrito à transmissão de conteúdos e não em um ensino pautado na evolução dos modelos mentais dos alunos.

5.6 Escola e Saber Ensinado: fundamentos para o sistema didático educativo

Conforme mencionado anteriormente, a partir dos pressupostos da teoria da transposição didática, para que o saber a ensinar seja transformado em saber ensinado dependerá exclusivamente do trabalho do professor escolar, que deverá submetê-lo ao processo da elaboração didática antes de socializá-lo em um sistema didático educativo, considerando a tríade professor, alunos e saber. Portanto, requer um sistema que, além de didático, de considerar questões de ensino-aprendizagem-pesquisa, precisa também ser educativo, ou melhor, deve considerar uma maneira de conceber as relações interpessoais (alunos e professor) e suas relações com os objetos do saber escolar, dentro e fora da sala de aula.

Nesse sentido, percebemos que Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) tecem contribuições importantes sobre “conhecimento e sala de aula” que poderão nos auxiliar na formação continuada com professores de Ciências no desenvolvimento de um sistema didático educativo; pois, a proposta de uma abordagem por temas de investigação ou abordagem temática nos permite analisar as relações estabelecidas entre professor e alunos ou entre “sujeitos do conhecimento”, bem como, entre eles e os saberes ou “objetos do conhecimento”, a partir de três dimensões: epistemológica das interações; educativa das interações e didático-pedagógica das Interações.

Por dimensão epistemológica, os educadores em ciências chamam a atenção para os sujeitos do conhecimento, os quais interagem de forma não neutra com os objetos do conhecimento, isto é, os sujeitos trazem consigo sua bagagem, suas concepções prévias, sua cultura primeira. Assim, objetos e sujeitos do conhecimento interagem e participam mutuamente da construção do conhecimento, objetiva e subjetivamente.

Por dimensão educativa, eles defendem a veiculação dos objetos do conhecimento na escola de modo que seja permitida uma aproximação entre o científico e o senso comum, que, por sua vez, deverá ser superado. Defendem uma “abordagem temática” considerada como uma “perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas, com os quais são selecionados os conteúdos das disciplinas”, perspectiva que coloca os conceitos sob a dependência de um tema, e não como normalmente ocorre no ensino tradicional, a partir de uma abordagem conceitual, em que os conteúdos da disciplina são organizados segundo os conhecimentos científicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 145).

Conforme sustentam, a partir desses pressupostos educativos, os conteúdos da disciplina escolar devem estar relacionados à “cultura elaborada” ou cultura científica por meio de “temas de investigação”. Porém, esses conteúdos devem ser trabalhados pelo professor considerando a cultura primeira do aluno a fim de contrastá-la com a cultura elaborada, por meio de rupturas com o senso comum que eles trazem para a sala de aula (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018, p. 146). De forma resumida, na abordagem temática o ponto de partida é o tema e o ponto de chegada são os conceitos.

Por dimensão didático-pedagógica, sugerem como devem ser as relações entre os sujeitos da ação educativa (alunos e professor) e os objetos do

conhecimento presentes na temática definida para estudo. Ao professor cabe conhecer primeiro a cultura dos alunos, seus significados e interpretações sobre o tema, para então problematizá-los. Para isso, deve promover a dialogicidade, estimulando a troca de significados e experiências, em situações que sejam significativas para eles. O professor deve captar os erros, as contradições e as dificuldades que os alunos demonstram para compreensão do tema, a fim de encontrar soluções. Por fim, o professor deve, ainda, após a abordagem temática ter sido iniciada, após a captação do senso comum, após os diálogos e problematizações em torno dela, desenvolver a abordagem conceitual, trabalhando com os conceitos necessários para auxiliar na compreensão do tema.

Pensando na abordagem temática, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 157) sugerem um método de ensino-aprendizagem que poderá ser empregado pelo professor em sala de aula, fundamentado na sequência didática denominada “os três momentos pedagógicos”: problematização inicial; organização do conhecimento; aplicação do conhecimento.

Problematização Inicial: definido previamente um tema, o professor inicia a investigação a partir de situações reais que sejam do conhecimento dos alunos, que sejam significativas para eles e, através do diálogo, busca conhecer as suas ideias ou pontos de vista sobre estas situações. Os pontos de vista dos alunos são então problematizados pelo professor para serem desestabilizados, de modo que eles sintam a necessidade de encontrar respostas que ainda não possuem, aparecendo como um problema que precisam solucionar.

Organização do Conhecimento: com o auxílio do professor é o momento de os alunos estudarem os conhecimentos necessários à compreensão do tema e da problematização inicial. É o momento de trabalharem com atividades diversas que auxiliem na resolução ou compreensão da problematização, inicialmente colocada.

Aplicação do conhecimento: momento em que se busca uma generalização para os conceitos trabalhados no tema, seguindo com atividades diversas que permitam verificar se houve uma evolução no conhecimento dos alunos em relação às suas ideias iniciais. Este é o momento de verificar o que o aluno compreendeu e também

de auxiliá-lo a relacionar o conhecimento científico com aquelas situações reais ou significativas que foram apresentadas.

6 O PROCESSO EXPERIMENTAL

Quanto aos procedimentos adotados, desenvolveu-se uma pesquisa-ação, no sentido de que nos deparamos com um rol de concepções de senso comum, enraizadas entre alunos e professores do Ensino Fundamental, e buscamos uma maneira para enfrentamento e transformação dessas ideias inadequadas.

A escolha de professores do Ensino de Ciências do Ensino Fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa de tese deve-se ao fato de que estes profissionais devem trabalhar com a temática do movimento diário do Sol e outros fenômenos celestes nessa etapa da educação escolar, conforme já normatizado pela Base Nacional Comum Curricular (2018) e pelo Referencial Curricular Gaúcho (2018). Além disso, são os professores escolares os principais agentes deste trabalho mais amplo do processo de transposição didática, os principais responsáveis pelo ensino-aprendizagem do saber ensinado em sala de aula.

6.1 Divulgação e convite para a formação continuada

Em novembro de 2022, realizamos uma visita a 35^o Coordenadoria Regional de Educação (35^o CRE) e à Secretaria Municipal de Educação (SMED) de São Borja–RS para divulgação da formação continuada e formalização do convite aos professores de Ciências do Ensino Fundamental (Figura 12).

O curso disponibilizou 30 vagas. A divulgação foi realizada pela iniciativa da 35^o CRE e da SMED, pela via do e-mail, reforçando o convite para todos os diretores das escolas, os quais, por sua vez, remeteram também por e-mail o convite aos professores do Ensino Fundamental da rede pública municipal e estadual de São Borja. No corpo deste e-mail foi disponibilizado um link com um formulário feito no *Google Forms*, para realização da inscrição pelo professor interessado em participar da formação continuada.

Em março de 2023, visto que a adesão tinha sido muito pequena, reforçamos o convite mais uma vez e abrimos para a participação de professores de outras áreas. Inscreveram-se 12 professores, porém, 8 efetivamente participaram da formação. Após a efetivação das inscrições pelos professores, via formulário do *Google Forms*, entramos em contato via telefone e criamos um grupo de *WhatsApp*

para troca de informações sobre os encontros e para debate acerca da temática em estudo.

Figura 12 - Convite para o curso de formação continuada em Ensino de Astronomia



Fonte: Autoria própria (2022).

Importante ressaltarmos que inúmeras foram as dificuldades para conseguirmos professores para a realização do curso. Conforme o relato dos cursistas, houve falha na comunicação entre os diretores e os professores de ciências das escolas, pois alguns docentes só ficaram sabendo da formação após iniciado o curso. Além disso, alguns docentes se sentiram bastante inseguros, pois acreditavam não possuir conhecimentos astronômicos suficientes para se habilitarem na formação. Outro aspecto importante foi a dificuldade de alguns professores em conseguir liberação em suas escolas, devido a não haver um profissional substituto para eles. As negociações com seus diretores eram quase sempre necessárias e serviram como um fator desmotivacional para alguns cursistas.

Das escolas participantes, duas eram municipais: Escola Municipal de Ensino Fundamental Sagrado Coração de Jesus e Escola Municipal de Tempo Integral Ordália Machado (escola do interior de São Borja). E as outras seis escolas,

estaduais: Escola Estadual de Ensino Médio Tricentenário; Escola Estadual de Ensino Médio Timbaúva (escola do interior de São Borja); Instituto Estadual Arnaldo Matter; Colégio Estadual Getúlio Vargas; Escola Estadual de Ensino Fundamental João Goulart e Escola Estadual de Ensino Médio Apparicio Silva Rillo.

Nota-se que de todas as escolas participantes, duas eram escolas do interior de São Borja: a Escola Municipal de Tempo Integral Ordália Machado e a Escola Estadual de Ensino Médio Timbaúva, ambas localizadas no 3º distrito de São Borja-RS.

6.2 Pesquisa Básica Qualitativa Explicativa

Esta é uma pesquisa de natureza básica, onde testamos a plausibilidade de uma metodologia de Ensino Baseada em Modelos para auxiliar na prática dos professores de ciências no Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. Tem uma abordagem qualitativa com foco na análise textual discursiva sobre textos, discursos, opiniões, mensagens e demais registros recolhidos de obras de autores, de pesquisadores e da aplicação de questionários e entrevistas com os professores (Moraes; Galiuzzi, 2007).

Inicialmente, os professores cursistas responderam a um questionário de perguntas abertas (apêndice A), a fim de identificarmos e confrontarmos algumas de suas concepções prévias com relação à temática astronômica investigada, e para compararmos com aquelas identificadas na literatura da área, a fim de conseguirmos transformá-las. A aplicação deste instrumento de pesquisa pareceu-nos a mais adequada, uma vez que permitiu aos cursistas uma maior liberdade no desenvolvimento de seus argumentos, não ficando limitados ou “restritos a marcar uma ou outra alternativa” (Richardson, 1999, p. 193).

O processo experimental para o ensino-aprendizagem seguiu o sugerido por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) para o Ensino Fundamental. Assim, partimos de uma abordagem temática em direção de uma abordagem conceitual, apoiado na sequência didática dos três momentos pedagógicos: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; 3) Aplicação do conhecimento. Acreditamos que essa seja uma abordagem educativa interessante para o Ensino de Astronomia, por isso, a ela nos apoiamos para o desenvolvimento de nosso sistema

didático (Chevallard, 2005) educativo (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018), visando contribuir com o saber ensinado pelos professores.

Ao final das atividades de ensino-aprendizagem as “pós-concepções” dos cursistas foram recolhidas em uma entrevista semiestruturada (apêndice B), de modo individual, na escola de cada participante, a fim de identificarmos o que ficou e o que mudou para eles em termos de conhecimento e, também, para verificarmos se o método de Ensino Baseado em Modelos poderá ser usado no planejamento de suas aulas de astronomia no Ensino Fundamental.

Conforme Lüdke (1990, p. 34) “a entrevista semiestruturada se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações”. Esta parece ser uma das formas mais adequadas em pesquisas em educação, pois “aproxima-se dos esquemas mais livres, menos estruturados”, concedendo uma maior autonomia na comunicação entre entrevistador e entrevistado. O método para análise das pós-concepções dos cursistas foi também o da análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2007).

Quanto aos seus objetivos, esta é uma pesquisa explicativa, pois, ao mesmo tempo em que pretendemos compreender alguns problemas enfrentados no Ensino de Astronomia na escola, no Ensino Fundamental, propomos também algumas atividades práticas de elaboração, construção e utilização de modelos didáticos (concretos e virtuais).

Estes modelos didáticos, esperamos, servirão como materiais suplementares aos livros didáticos, apoiando na superação de algumas de suas insuficiências, principalmente em relação à temática do movimento diário do Sol e alguns fenômenos correlacionados: nascer e ocaso do Sol, ciclo dia/noite, estações do ano.

6.3 Encontro 1: O perfil dos professores cursistas e seus conhecimentos prévios

O Perfil dos professores cursistas foi levantado mediante a aplicação de um questionário de perguntas abertas, realizado no primeiro encontro entre pesquisador e interessados em participar da formação continuada. Este também foi o momento de identificar o conhecimento prévio dos professores a respeito da temática astronômica investigada.

Entre os professores cursistas encontravam-se: um licenciado em biologia; dois, em pedagogia; dois, em geografia; um, em geologia; um em matemática e um em história. Quase todos possuíam algum tipo de especialização: três deles contavam com especialização em metodologia de ensino de ciências; um deles, com especialização em educação ambiental; um, com especialização em psicopedagogia; um, com especialização em EaD em Jovens e Adultos; um, com especialização em história regional. E, por fim, havia um mestre em metodologia de ensino de ciências.

Quase todos se encontravam atuando como professores de ciências dos Anos Finais do Ensino Fundamental (exceto os da pedagogia que atuam no 4º e 5º anos) e com tempo médio de 14 anos de profissão. Durante a formação inicial e continuada, sete deles nunca tiveram disciplinas ou fizeram qualquer curso de formação continuada em astronomia. Havia apenas um que, além de ter cursado uma disciplina de Geologia Geral, tendo um primeiro contato com conteúdos ou temáticas da astronomia, também havia feito cursos online de astronomia, oferecidos pela USP e pela UFSC.

Com relação ao planejamento, sete dos participantes não têm conhecimento sobre a Unidade Temática “Terra e Universo” proposta pela BNCC (2018) para o Ensino de Ciências no Ensino Fundamental, e também não sabem como o Ensino de Astronomia é sugerido pelo documento oficial. Apenas um tem conhecimento e acredita que o documento auxilia na organização e aplicação dos tópicos ou temáticas de astronomia em sala de aula.

Em relação ao material utilizado nas aulas envolvendo conteúdos ou temas de astronomia, seis deles não responderam, e apenas dois disseram utilizar o livro didático, vídeos e sites da internet como material de consulta. Porém, todos estão de acordo quanto à necessidade de um material didático especializado para o ensino de astronomia na escola. As justificativas para essa necessidade são praticamente as mesmas e estão ligadas a pelo menos duas questões: a) carência de conhecimento disciplinar sobre os objetos astronômicos; e b) devido às dificuldades de entendimento sobre o funcionamento dos fenômenos celestes, considerados de difícil compreensão para eles.

Segundo os participantes, os tópicos mais importantes que os materiais didáticos para o ensino de astronomia na escola devem conter, por ordem de importância, são: conteúdos e propostas metodológicas de ensino; atividades

práticas de construção e utilização de modelos tridimensionais; atividades envolvendo tecnologias da informação e comunicação; textos complementares e imagens e figuras.

Com relação aos conteúdos e temas da astronomia lecionados na escola, quatro cursistas (1 biólogo; 1 pedagoga; 1 matemático; 1 historiadora) informaram que nunca lecionaram, enquanto os outros quatro (1 geólogo; 1 pedagoga; 2 geógrafos) lecionaram temas diversos, entre eles: sistema solar; características da Terra; pontos cardeais; fenômenos cíclicos; calendário; placas tectônicas e Universo.

Durante o desenvolvimento deste estudo, os professores cursistas tiveram seus nomes preservados, sendo estes substituídos por siglas: C1 = cursistas 1; C2 = cursista 2; C3 = cursista 3, e assim sucessivamente. Embora os nomes tenham sido preservados pelo pesquisador, apenas para fins de registro da realização deste estudo, todos os cursistas autorizaram o uso de suas imagens. As imagens das atividades realizadas (fotografias) foram todas feitas pelos celulares dos cursistas e doadas ao pesquisador.

6.3.1 Sobre o ensino do movimento diário do Sol

A respeito do ensino do movimento diário do Sol, quatro professores já haviam lecionado e o fizeram usando diferentes materiais: apoiados nas figuras e esquemas dos livros didáticos; em planetário orbital; em vídeos da internet; e em observações no pátio da escola. Apenas um dos cursistas (C3) comentou o ano escolar em que a temática foi trabalhada: no 6º ano.

Sim, explanação teórica por meio de figuras e esquemas ilustrados. Fonte: livro didático e vídeos educativos. (C1)

Ensinei no 6º Ano. Os movimentos foram levados aos alunos como um sistema solar. (C3)

Sim. Utilizo vídeos e os alunos exemplificando o Sol, a Terra e a Lua. (C4)

Sim, trabalho anualmente com esse fenômeno através dos movimentos da Terra, utilizando o planetário orbital, vídeos explicativos, levando os alunos até o pátio da escola em horários alternados (início da manhã e final da tarde) para que eles possam observar e identificar o posicionamento do Sol. (C6)

Notamos que, apesar de utilizarem diversificados materiais didáticos, nenhum dos cursistas deixou claro o motivo ou a principal causa para a ocorrência deste fenômeno, a qual, sabemos, está atrelada ao movimento de rotação da Terra, de oeste para leste. Exceto C6, que talvez estivesse considerando este movimento quando respondeu: “*trabalho anualmente com esse fenômeno através dos movimentos da Terra*” e, também, por mencionar levar os alunos para o pátio da escola para observarem o movimento matutino e vespertino do Sol.

6.3.2 Sobre o ensino dos quatro pontos cardeais

Acerca do ensino dos quatro pontos cardeais, quatro professores já haviam lecionado e, para determiná-los, basearam-se nas representações dos livros didáticos; utilizaram mapas e o próprio corpo; confeccionaram cartazes em sala de aula; realizaram brincadeiras no pátio da escola e também em atividades na rua. Apenas um dos cursistas (C5) comentou o ano escolar em que a temática foi trabalhada: no 5º ano.

Sim. Peço para os alunos levantarem e estenderem o braço direito para o leste, o braço esquerdo para oeste, na sua frente, o norte e nas costas o sul. Então esses são os pontos cardeais que nos orientam os livros didáticos (leituras) e resumos desses conteúdos. Fizemos brincadeiras com os alunos. (C3)

Sim. Vou para o pátio com os alunos e ensino conforme a localização do Sol. Primeiro fazendo-os posicionar com o corpo e depois colocamos o mapa [feito previamente em sala de aula] no chão da quadra e viramos de acordo com os pontos cardeais localizando a posição do Sol. (C6)

Sim. Boneco do Sol. Eu sou o boneco dando pulo para frente e para o lado. Depois eles como boneco. (C4)

Sim, leciono no 5º ano e procuro utilizar uma forma mais lúdica com os alunos, no ambiente do pátio da escola, para que eles observem a posição do sol, identifiquem com cartazes ou placas (confeccionadas em sala de aula) os 4 pontos cardeais e qual setor da escola está localizado em cada ponto. Depois saímos no quarteirão da escola para ampliar o senso de direção, sempre gosto de fazer referência onde está situado o nosso Rio Uruguai para que eles se localizem com mais facilidade. (C5)

Percebemos que ao menos três dos cursistas se basearam nas representações dos livros didáticos (C3, C5 e C6) para confeccionar previamente seus cartazes ou mapas de localização dos pontos cardeais; após, também

realizaram observações diurnas do movimento solar, a partir da quadra de esportes, do pátio da escola e até mesmo na rua.

Acreditamos que, embora eles tenham ensinado a como determinar os quatro pontos cardeais a partir das representações inadequadas dos livros didáticos - crendo, erroneamente, que o Sol nasce sempre no ponto cardinal leste e se põe no oeste - também comentaram ter utilizado distintos ambientes não formais de aprendizagem, levando os alunos para fora da sala de aula a fim de observarem o movimento do Sol, o que é algo muito positivo e desejável em se tratando de ensino de astronomia.

6.3.3 Sobre o ensino do fenômeno do nascimento e ocaso do Sol

No tocante ao ensino do fenômeno do nascimento e ocaso do Sol, quatro professores também já o haviam lecionado. As ações educativas foram realizadas de maneiras variadas: analisando o movimento de rotação da Terra; usando imagens e vídeos da internet e utilizando o próprio Sol. Mas, nenhum dos cursistas comentou o ano escolar em que a temática fora trabalhada.

Sim, analisando e direcionando a movimento de rotação. (C1)

Sim. Utilizo vídeos de internet. (C4)

Sim, trabalho através de vídeos do youtube. Dois vídeos que costumo utilizar: "Os ciclos do Sol" e também "Porque o Sol nasce e se põe". Um filme que pode ser bem explorado e explicativo "viagem ao centro da terra" Também uso imagens da internet. (C6)

Sim. Usando referenciais como Sol. (C7)

Reparamos que, apesar de nenhum dos cursistas comentar por escrito sobre o nascimento e ocaso ocorrerem nas direções leste/oeste, respectivamente, devido ao movimento de rotação da Terra, suas crenças eram as mesmas, isto é, o Sol nasce sempre no ponto cardinal leste e tem seu ocaso no ponto cardinal oeste. Esta constatação também pode ser feita a partir dos relatos sobre como eles faziam para ensinar os quatro pontos cardeais, sendo confirmada a partir das atividades com os modelos no decorrer da pesquisa e, também, a partir das entrevistas, ao final das atividades, conforme veremos mais adiante.

Outra constatação importante é que nenhum deles relatou sobre a influência do movimento de translação da Terra na mudança da posição do nascimento e ocaso solar, em relação ao plano do horizonte, no decorrer de um ano. Como sabemos, essa mudança existe e é melhor observada quando comparamos a posição do nascimento e do ocaso nos dias dos equinócios e solstícios.

Apesar disso, observamos que apenas o C7 parece utilizar a observação do movimento do Sol no céu para ensinar esse fenômeno.

6.3.4 Sobre o ensino do ciclo dia/noite

A respeito do ensino do fenômeno do dia e da noite, quatro professores também já haviam lecionado. Eles o fizeram por meios diversos: através das imagens dos livros didáticos; páginas da internet; vídeos da internet; usando o próprio corpo; imagens; planetário orbital e movimentos da Terra. Nenhum dos cursistas comentou o ano escolar em que a temática fora trabalhada.

Trabalhei com fenômenos naturais, Sol e Lua da meia-noite. Usei o livro didático e pedi para os educandos pesquisarem na internet. (C1)

Sim. [Utilizo] vídeos e materiais explicativos retirados da internet. (C4)

Sim. Um aluno vem na frente e é o Sol. Eu giro em volta dele e vou mostrando. (C5)

Sim, costumo trabalhar utilizando imagens, vídeos, planetário orbital, os movimentos da Terra, atividades que os alunos sejam capazes de identificar e diferenciar elementos que caracterizam o dia e a noite. (C6)

Assim, constatamos que no ensino do ciclo dia/noite, o uso de vídeos e materiais da internet foram os mais empregados, se comparados ao livro didático, o qual, neste caso, teve menor frequência. Nota-se, por outro lado, que um dos professores também se utilizou do próprio corpo e do corpo dos alunos e foi tecendo analogias com o funcionamento dos fenômenos, como foi o caso do C5.

Entretanto, apesar de utilizarem distintos materiais para o ensino do ciclo dia/noite e até mesmo o próprio corpo, como modelo, nenhum dos professores explicou como de fato ensinam esse fenômeno, ou seja, nenhum deles disse como de fato funciona o diurno e o noturno em nosso planeta.

6.3.5 Sobre o ensino das quatro estações do ano

Com referência às estações do ano, por fim, também quatro professores já haviam ensinado essa temática. Para essa finalidade eles utilizaram o livro didático e lousa digital; mapas físico e digital; vídeos da internet; calendário; fases da lua; imagens; roupas e acessórios característicos de cada estação. Apenas o cursista C6 mencionou o ano escolar ensinado: 5º Ano.

Sim. Explicação ilustrada na lousa, pelo movimento de elipse da translação da Terra em torno do sol e pela inclinação do eixo da Terra. Uso do livro didático e lousa para esquemas desenhados. (C1)

Sim. Uso livro didático, o mapa físico, o mapa do google maps e vídeos da internet. (C4)

Sim. Eu utilizei calendário e as fases da lua. (C5)

Sim, explico porque existem as estações do ano, qual sua importância e influência em nossa vida, nosso comportamento, utilizo alguns exemplos reais do cotidiano, vídeos, imagens, material concreto: roupas, acessórios que usamos conforme cada estação. Ensino no 5º ano. (C6)

Notamos, a partir desses comentários, que o ensino das estações do ano, apesar de ser feito a partir de diferentes meios e materiais didáticos, ainda assim tem se baseado nas imagens inadequadas dos livros didáticos.

Analisemos o caso do C1, que parece tecer uma explicação mais plausível para o fenômeno, utilizando o livro didático e a lousa para representar o sistema Sol-Terra: “*Uso do livro didático e lousa para esquemas desenhados*”. O fato é que, apesar de fazer uma “*Explicação ilustrada na lousa, pelo movimento de elipse da translação da Terra em torno do sol e pela inclinação do eixo da Terra*”, ele não comentou sobre a principal causa das estações; tampouco comentou sobre a alternância da incidência da luminosidade em ambos os hemisférios, no decorrer de um ano.

Já no caso do C6, em que o ensino foi ministrado com alunos mais iniciantes, a explicação parece estar centrada no clima e nas transformações sofridas pela natureza em cada uma das estações. Entretanto, embora utilize “*exemplos reais do cotidiano*”, essa explicação não pode ser generalizada para todo o planeta, pois, como sabemos, nem todos os locais da Terra possuem estações bem definidas durante o ano.

Nos demais casos (C4 e C5), apesar de também mencionarem o tipo de material didático que utilizaram, infelizmente não é possível saber como de fato eles ensinaram as estações do ano.

6.4 Os encontros e as sequências didáticas desenvolvidas

O curso de formação continuada teve uma carga horária de 40 horas e um encontro semanal de quatro a oito horas, subdividido nos três turnos: manhã, tarde e noite. Para seu desenvolvimento contamos com o auxílio da 35ª CRE, do Instituto Federal Farroupilha (IFFAR) e de escolas parceiras que oportunizaram a utilização de diversos espaços e ambientes de aprendizagem: salas de aula, pátio da escola e laboratório de informática. A seguir, apresentamos um resumo com o agendamento dos encontros, local, tempo, turno, descrição das atividades, materiais utilizados e período (Quadro 7). A definição dos dias e horários dos encontros foram sempre definidos em comum acordo com os cursistas. O desenvolvimento do curso foi também divulgado na página oficial da Universidade Federal do Pampa⁷.

Quadro 7 - Resumo das atividades do curso

<u>Encontro</u>	<u>Local</u>	<u>Tempo</u>	<u>Turno</u>	<u>Descrição</u>	<u>Materiais</u>	<u>Período</u>
1*	Sala de aula (35ª CRE)	4h	manhã 08:00 12:00	Questionário da Pesquisa	Material impresso ou digital	2º sem. 2022 (25/11/2022)
2	Sala de aula Aparício Silva Rillo	4h	manhã	Leitura de texto inicial http://200.144.244.96/cda/cursos/2017/estacao-do-ano/aula-3-visao-do-espaco/Joaozinho_da_Mare.pdf	Material impresso (digital)	1º sem. 2023 (20/03/23) segunda-feira
			manhã,	Determinação dos	. Gnômon	

⁷<https://unipampa.edu.br/portal/doutorando-do-pgpecqvs-ministra-curso-de-formacao-com-professores-em-ensino-de-astronomia-em-sao>

3	Pátio da Escola Aparício Silva Rillo	8h	tarde e noite. 10:00 às 16:00 e 19:00 às 22:30	pontos cardeais com o gnômon; Método das sombras iguais (diurno); e Método do <i>Cruzeiro do Sul</i> (noturno).	. Barbante . Spray . Fixadores . Laser de apresentação . <i>Planisfério Celeste Rotativo</i> <i>Stellarium</i>	1º sem. de 2023 (20/03/23) segunda-feira
4	Laboratório de Informática (35ª CRE)	4h	manhã	. Leitura e debate de texto sobre gnômon, esfera celeste e plano do horizonte.	. Texto impresso (digital) . modelos virtuais	1º sem. 2023 (30-03-2023) quinta-feira
5	Sala de aula (35ª CRE)	4h	tarde	. Construção, elaboração e manipulação de modelo concreto; . Utilização de modelo virtual de apoio;	. Suporte madeira . Casinha de madeira . Cds . Faixas de transparência . Alfinetes . Tesouras . Parafusos agulha . Papéis contact coloridos . Agulha . Linha de costurar . transferidor	1º sem. 2023 (30-03-2023) quinta-feira Atividade remarcada para finalização em 11/04/2023
6	Sala de aula (35ª CRE)	4h	manhã	. Construção, elaboração e manipulação de modelo concreto; . Utilização de modelo virtual de apoio;	. Suporte madeira . Casinha de madeira . Cds . Faixas de transparência . Alfinetes . Tesouras . Parafusos agulha . Papéis contact coloridos	1º sem. 2023 (11-04-23) terça-feira

					<ul style="list-style-type: none"> . Agulha . Linha de costurar . transferidor 	
7	Laboratório Maker (IFFAR)	4h	Manhã	Atividades diversas envolvendo previsões e explicações de fenômenos com base em modelos concretos e virtuais	<ul style="list-style-type: none"> . Modelo concreto. . Modelo virtual. . Modelo Virtual 2D (cartas solares) 	1º sem. 2023 (18-04-23) quarta-feira
8	Laboratório Maker (IFFAR)	4h	Tarde	<ul style="list-style-type: none"> . Estudo das Projeções Estereográficas . Estudo das Cartas Solares . Atividades com Cartas Solares 	<ul style="list-style-type: none"> . Modelo concreto . Modelo virtual . Impressão de Modelo Virtual 2D (Cartas Solares) 	1º sem. 2023 (18-04-23) quarta-feira
9	Laboratório Maker (IFFAR)	4h	Noite	Simulação do Sistema Sol-Terra para compreensão das estações do ano e movimento aparente do Sol.	<ul style="list-style-type: none"> . Globo 30 cm . 5 classes ou mesas de mesma altura . Projetor de luz . extensão de energia 	1º sem. 2023 (18-04-2023) terça-feira
10	Sala de aula (35ª CRE)	Entrevista 30 minutos cada professor	Manhã, tarde e noite	<ul style="list-style-type: none"> . Identificação e compreensão das aprendizagens . Realização de entrevistas individuais com cada participante . Agendamento prévio de horário 	<ul style="list-style-type: none"> . Material impresso contendo perguntas da entrevista . Modelos concretos e virtuais . Grav&film. 	1º sem. 2023 (De 24 de abril a 5 de maio)

* **Observação:** A abordagem e os resultados do encontro 1 foram discutidos na seção 6.3

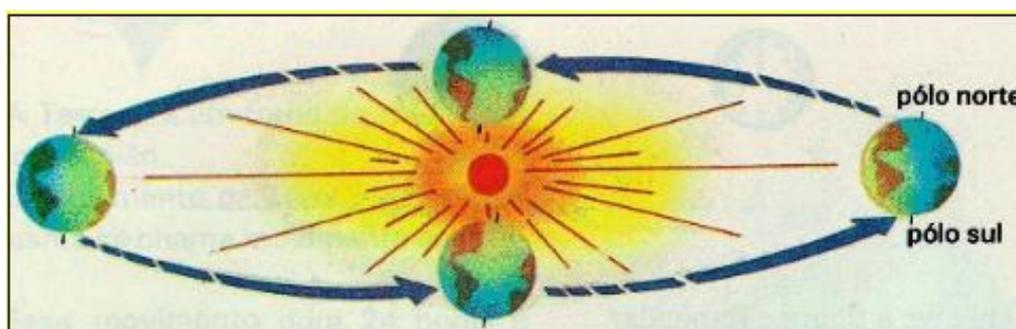
6.4.1 Encontro 2: Na Sala de aula para leitura e debate de um texto do saber

Para problematizarmos inicialmente a temática astronômica com os cursistas e, também, levantarmos algumas de suas concepções prévias, realizamos uma leitura colaborativa do texto: “Ato de fé ou conquista do conhecimento? Um episódio na vida de Joãozinho da Maré” (Caniato, 1983). Durante a leitura, realizada pelos cursistas, analisamos o trecho a seguir, o qual nos fez pensar e a debater sobre a forma da Terra, seus principais movimentos, estações do ano e desenho da órbita.

— Eu já disse a vocês numa aula anterior que a Terra é uma grande bola e que essa bola está rodando sobre si mesma. É sua rotação que provoca os dias e as noites. Acontece que, enquanto a Terra está girando, ela também está fazendo uma grande volta ao redor do Sol. Essa volta se faz em um ano, o caminho é uma órbita alongada chamada elipse. Além dessa curva ser assim alongada e achatada, o Sol não está no centro. Isso quer dizer que, em seu movimento, a Terra às vezes passa perto, às vezes passa longe do Sol. Quando passa perto do Sol é mais quente: é VERÃO. Quando passa mais longe do Sol recebe menos calor: é INVERNO.

Para contribuir com o debate, apresentamos (Figura 13) o desenho de uma órbita alongada, retirada de um livro didático de ciências (Paula; Oliveira, 2002). Esta é uma representação clássica da órbita terrestre, excessivamente elíptica, a qual vem gerando falsas crenças em alunos e professores.

Figura 13 - Estações do ano e o desenho da órbita



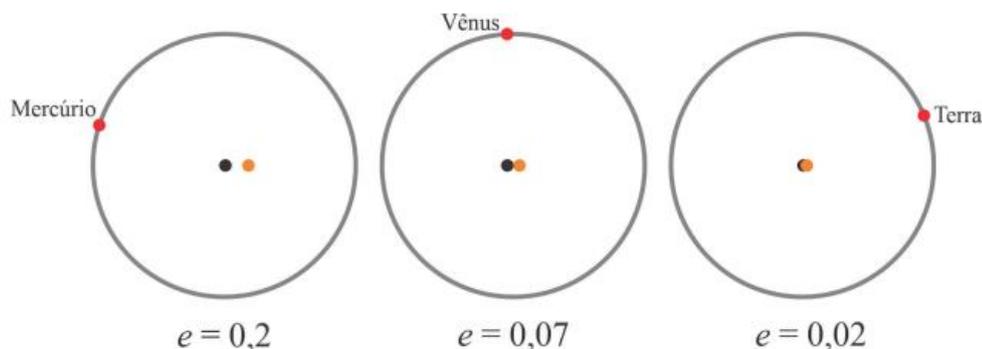
Fonte: Imagem de Passos (1988) *Apud* Paula e Oliveira (2002, *online*), retirada de um livro de ciências do ano de 1988, destinado à 2.^a série do Fundamental.

Os cursistas foram convidados a observar a representação das estações do ano e problematizados a verificar se existia alguma coisa errada com ela.

Nenhum dos cursistas percebeu qualquer problema. Alguns comentaram que era a imagem que sempre conheceram, que aprenderam com auxílio do livro didático ou com seus antigos professores. Um dos cursistas comentou: “essa imagem é parecida com a que usei para ensinar as estações do ano. Não vejo aparentemente qualquer problema com ela”. Outro cursista comentou também: “ela mostra que quando a Terra está mais afastada temos o verão e quando mais próxima temos o inverno”.

Aproveitando desses comentários e percebendo que os cursistas pareciam ainda não entender direito qual afinal era o problema com essa representação, o pesquisador propôs uma nova imagem, a fim de romper com esse desenho clássico de órbita achatada presente em alguns livros didáticos. A nova representação chamou a atenção para as órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra, a qual por sua vez possui uma excentricidade (e) muito pequena, muito próxima de zero ($e = 0,002$), assemelhando-se ao desenho de uma circunferência ($e = 0$) e não de uma elipse excessivamente alongada (Figura 14).

Figura 14 - Órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra

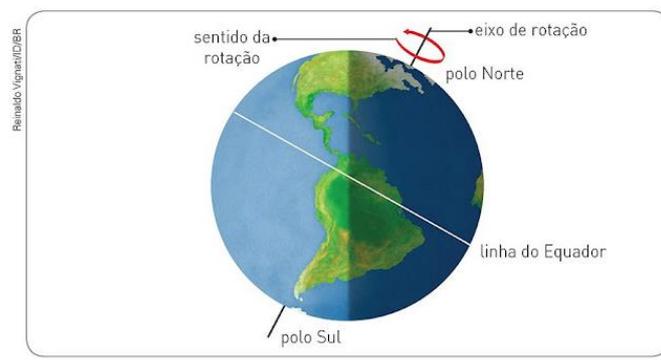


Fonte: Imagem de Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 7) adaptada de Canalle (2003, p. 15).

Portanto, buscamos romper com essa falsa crença bastante propagada de que as estações do ano decorrem de uma proximidade ou distanciamento entre o Sol e a Terra, ocasionado pelo problema da perspectiva da representação.

Por ora, o pesquisador centrou a explicação na inclinação do eixo de rotação, na visualização das regiões de sombra e de luz, em ambos os hemisférios, debatido através de uma imagem (Figura 15) de um livro didático e, posteriormente, por meio de um “globo” escolar de planeta Terra.

Figura 15 - Modelo bidimensional de planeta Terra



Fonte: Disponível em: <https://www.semearedu.com.br/2020/04/movimento-de-rotacao-da-terra.html>

Também, a fim de oferecer uma melhor compreensão sobre a noção de excentricidade, utilizamos (Figura 16) um modelo didático virtual desenvolvido no GeoGebra.

Figura 16 - Modelo didático virtual para aprendizagem das cônicas e suas excentricidades

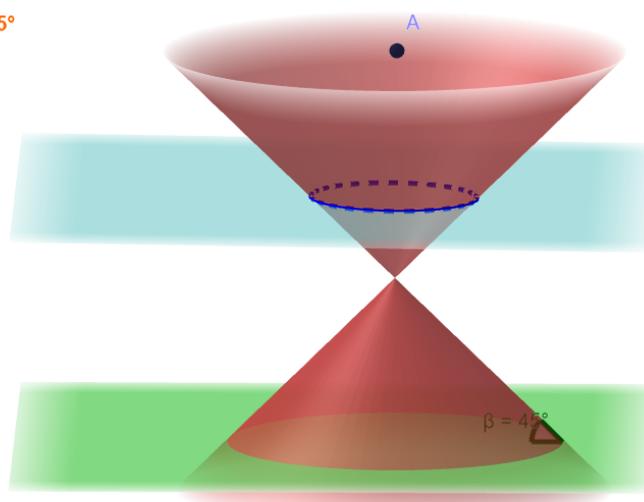
Ângulo do plano com base do cone = 0.76°

Ângulo entre a geratriz e a base = 45°

Excentricidade = 0.02

Excentricidade da cônica:
 Se $e = 0$, a cônica é uma circunferência.
 Se $e = 1$, a cônica é uma parábola.
 Se $e < 1$, a cônica é uma elipse.
 Se $e > 1$, a cônica é uma hipérbole.

Tipos de cônicas:
 Circunferência: plano paralelo a base do cone.
 Elipse: ângulo do plano $<$ ângulo entre geratriz e a base.
 Parábola: plano paralelo a geratriz.
 Hipérbole: ângulo do plano $>$ ângulo entre geratriz e a base.



Fonte: Modelo virtual de Ourique (2023). Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/kam7z6h8>

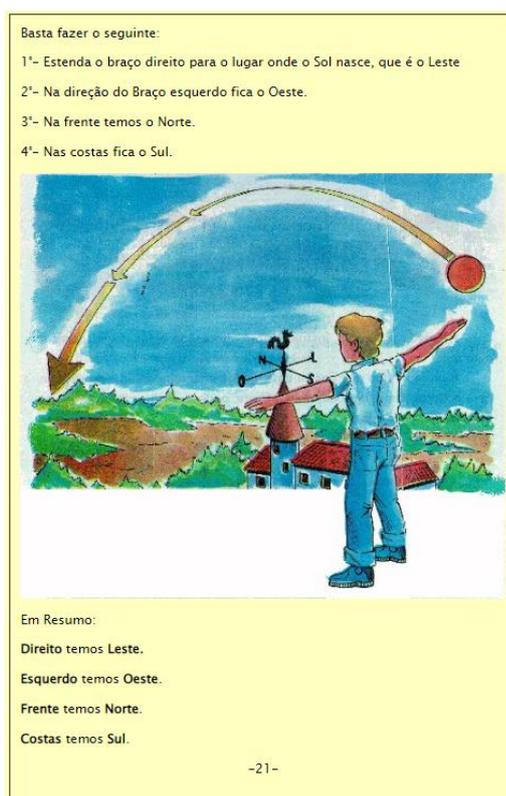
A temática das estações do ano foi melhor debatida no encontro 9, por meio de uma simulação em uma sala escura.

6.4.2 Encontro 3: No pátio da escola para determinação dos pontos cardeais

Antes de irmos ao pátio da escola, para realizarmos a determinação dos pontos cardeais, através de 2 métodos distintos, em sala de aula iniciamos problematizando

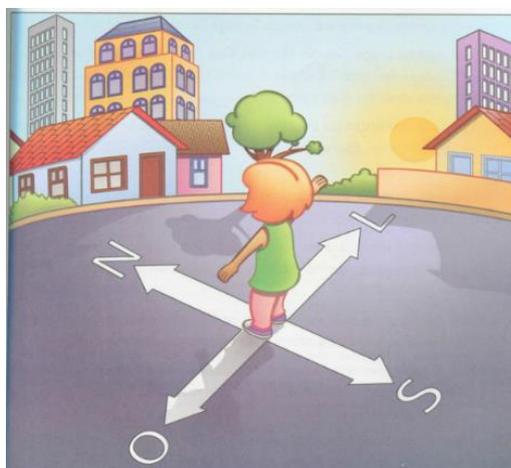
o conhecimento dos cursistas sobre essa temática astronômica dos 4 pontos cardeais a partir de outras duas imagens, retiradas de livros didáticos distintos, uma de um livro didático de ciências de 1983 (Figura 17) e outra de um livro de geografia de 2011 (Figura 18).

Figura 17 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol em livro didático



Fonte: Imagem de Paula e Oliveira (2002, *online*), retirada de um livro de ciências do ano de 1983, destinado à 2.ª série do Fundamental.

Figura 18 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol

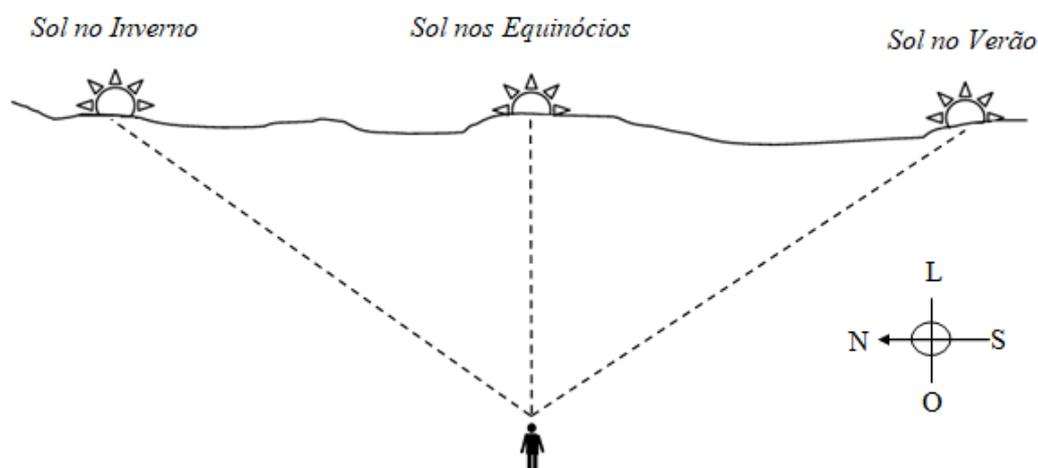


Fonte: Imagem obtida do livro didático de Vesentini, J. William; Dora Martins; Marlene Pécora. *Ápis: Geografia - 3.º ano*. São Paulo: Ática, 2011. Fonte do autor.

Novamente o pesquisador solicitou que os cursistas visualizassem as imagens e tentassem perceber se existia algum problema com elas. Os cursistas não perceberam qualquer problema. Alguns até comentaram que essa foi a forma que aprenderam na escola e também como ensinavam os seus alunos, isto é, localizavam a posição do nascimento do Sol e esticavam o braço direito para o leste, depois, braço esquerdo para o oeste, à frente o norte e nas costas o sul.

O pesquisador comentou que essa é uma imagem bastante utilizada para localização dos pontos cardeais, porém, poderá levar os alunos a uma compreensão inadequada de que o Sol nasce sempre no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste, o ano todo. Assim, a fim de dialetizar as imagens dos livros didáticos, apresentou outra representação para visualização do nascimento do Sol (Figura 19). Nela, nota-se que o Sol somente nasce no ponto cardinal leste nos equinócios de outono e primavera. Nos outros dias do ano existe uma variação na posição do seu nascimento e ocaso.

Figura 19 - Representação do Sol nascente nos equinócios de outono (21 de março) e primavera (21 de setembro) e nos solstícios de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro) para o Hemisfério Sul.



Representação do Sol nascente no decorrer de um ano, considerando um observador ao visualizar uma mesma região do horizonte. Na entrada do verão o Sol nasce mais ao sul do leste e, na entrada do inverno, mais ao norte do leste. A cada dia que passa o Sol vai se deslocando, lento e gradualmente, indo de um extremo a outro, passando pelo Leste, demarcando assim o início de cada estação do ano. Podemos considerar o mesmo para o Hemisfério Norte, porém, para isso, seria necessário inverter a posição N-S da legenda.

Fonte: Adaptado do modelo de Hogben (1970, p. 58).

Para correta determinação dos pontos cardeais (leste, oeste, norte, sul), os cursistas foram convidados para uma atividade no pátio da escola para aprendizagem de dois métodos distintos: o das sombras iguais e o do cruzeiro do Sul.

Método das sombras iguais:

Como parte inicial da “organização do conhecimento” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018) começamos estudando alguns conhecimentos necessários à compreensão da temática. Assim, iniciamos com o método das sombras iguais, realizado no período diurno, utilizamos uma parte do período da manhã e outra à tarde, para marcação das sombras. Foi disponibilizada previamente uma imagem (Figura 20) e um passo a passo de como proceder com as marcações. Os materiais utilizados foram: um cabo de vassoura; um martelo; um rolo de barbante; quatro fixadores de metal e uma lata de spray branco para marcação.

Figura 20 - Esquema sobre o método das sombras iguais



Fonte: Imagem obtida da coleção explorando o ensino - ciências - volume 18 - Pavão (2010, p. 134).

Passo a passo:

- 1) Fixe um gnômon ao solo;
- 2) Escolha uma determinada hora da manhã (exemplo: 10h30min) e marque a sombra do gnômon;
- 3) Construa um círculo passando pela ponta da sombra projetada;

- 4) Acompanhe o movimento da sombra, em uma determinada hora da tarde, quando a sombra volta a tocar o círculo desenhado. Marque outro ponto.
- 5) Determine a bissetriz do ângulo formado entre a marcação da sombra da manhã e da tarde e terá encontrado a linha norte-sul.
- 6) Trace uma linha perpendicular à linha norte-sul e terá encontrado a linha leste-oeste.

Figura 21 - Fotografia do passo 1: professores durante a atividade de fixação de um gnômon (cabo de vassoura) ao solo



Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Figura 22 - Fotografia do passo 2: marcação da sombra da manhã (primeira marcação) e do passo 3: da construção de um círculo passando pela ponta da sombra projetada



Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Figura 23 - Fotografia do passo 4 e 5: Acompanhamento e marcação do movimento da sombra e determinação da bissetriz



Acompanhamento e marcação do movimento da sombra em uma determinada hora da tarde, no momento em que a sombra volta a tocar o círculo desenhado (segunda marcação) e passo 5:

determinação da bissetriz do ângulo formado entre a marcação da sombra da manhã e da tarde, definindo a linha norte-sul.

Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Figura 24 - Fotografia do passo 6: Determinação da linha que é perpendicular (90°) à linha norte-sul, isto é, determinação da linha leste-oeste



Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Figura 25 - Passo 7: Fotografia da determinação e da marcação dos 4 pontos cardeais (sul, norte, leste, oeste)



Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Método do Cruzeiro do Sul:

O método do Cruzeiro do Sul foi realizado no período noturno, no mesmo local em que foi realizado o método das sombras iguais, no pátio da escola.

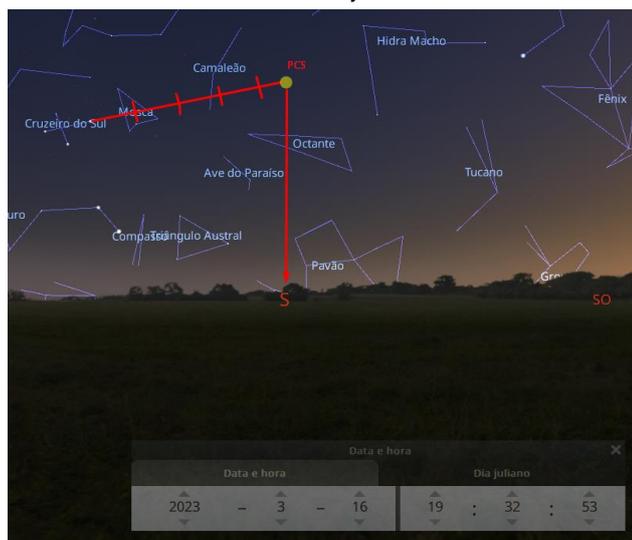
Foi disponibilizada previamente uma imagem e um passo a passo de como proceder com a localização do ponto cardeal sul. Os materiais utilizados foram: uma caneta a laser; um celular com o software *Stellarium* previamente instalado.

Passo a passo:

- 1) Localize a constelação do Cruzeiro do Sul no céu;
- 2) Visualize o maior segmento de reta ou maior braço que forma o desenho da Cruz, localizado entre as estrelas *Gacrux* e *Acrux*;
- 3) Sempre na direção do maior braço da Cruz, estime uma medida 4,5 vezes o tamanho do braço maior e localize o Polo Celeste Sul (ponto imaginário onde o prolongamento do eixo da Terra cruza a esfera celeste (céu)).
- 4) Após encontrar o PCS, desça os olhos em linha reta na direção do horizonte e assim terá encontrado o ponto cardeal sul.
- 5) Agora localize o norte, leste e oeste.

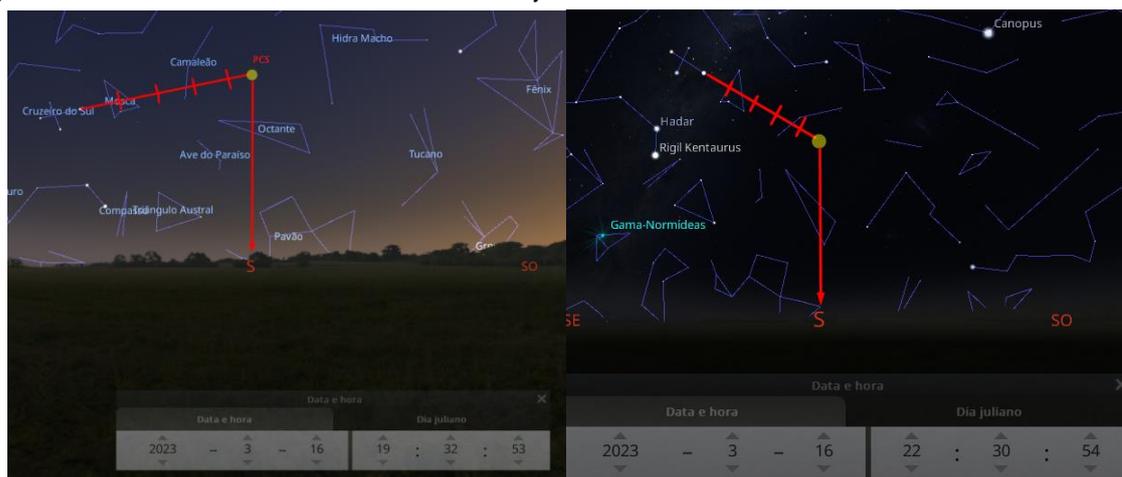
Inicialmente, em sala de aula, o pesquisador ensinou os cursistas a instalarem em seus celulares o *software Stellarium* e orientou-os sobre algumas de suas operações básicas. Depois, apresentou algumas imagens para mostrar a circumpolaridade da constelação do Cruzeiro do Sul ao Polo Celeste Sul (PCS). Para isso, simulou o movimento aparente da constelação para distintos horários (Figuras 26 a 28).

Figura 26 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data: 16/03/2023. Horário: 19:32:53



Fonte: Autoria própria, obtida com o software *Stellarium* (20/03/2023).

Figura 27 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data:16/03/2023. Horário: 19:32:53 e 22:30:54



Fonte: Autoria própria, obtida com o uso do aplicativo *Stellarium* (20/03/2023).

Figura 28 - Método do Cruzeiro do Sul. São Borja–RS. Data:16/03/2023. Horários:19:32:53; 22:30:54 e 02:06:34



Fonte: Autoria própria, obtida com o uso do aplicativo *Stellarium* (20/03/2023).

Finalmente, após a simulação da circumpolaridade do Cruzeiro do Sul ao PCS, os

cursistas foram convidados a ir ao pátio da escola (Figura 29), entre 19h30min e 22h00min, a fim de localizarem a constelação e visualizar a sua movimentação ao PCS e, assim, realizarem o método para determinar o ponto cardeal sul e, a partir dele, os demais pontos cardeais.

Figura 29 - Cursistas realizando a determinação dos pontos cardeais pelo método do Cruzeiro do Sul



Fonte: Acervo pessoal (20/03/2023).

Essa foi uma atividade bastante importante, pois permitiu que os cursistas aprendessem como localizar a constelação do cruzeiro do sul no céu utilizando uma caneta laser e com auxílio do *Stellarium*, um *software* até então desconhecido para eles. Aprenderam também um novo método de determinação para os pontos cardeais.

Importante salientar que, a escolha pela realização do método do cruzeiro do Sul (noturno) no mesmo local em que foi realizado o método das sombras iguais (diurno) acabou oportunizando aos cursistas a visualização e a verificação de que as marcações para os pontos cardeais fossem coincidentes. Isto é, a marcação da linha norte-sul com o gnômon coincidiu com a linha norte-sul determinada com auxílio do Cruzeiro do Sul. Portanto, isso permitiu com que os cursistas realizassem, ao mesmo tempo, a testagem e a validação de ambos os métodos.

6.4.3 Encontro 4: Na sala de aula para leitura e debate de texto do saber 2

Para auxiliarmos na compreensão da temática do movimento diário do Sol e de alguns conceitos importantes como, por exemplo, esfera celeste, plano do horizonte, entre outros, presentes nos modelos (concretos e virtuais) que estaríamos trabalhando durante as atividades, propomos a leitura de um “texto do saber” (Chevallard, 2005) desenvolvido pelo pesquisador, denominado: “Da observação da sombra solar em um gnômon à criação da esfera celeste”.

Com o texto, através de uma leitura colaborativa, buscamos elucidar alguns aspectos históricos sobre como os antigos egípcios faziam para estudar o movimento solar e determinar o período dos equinócios e solstícios. Eles o faziam utilizando um gnômon ou um obelisco. Esses estudos pouco a pouco acabaram sendo difundidos e mais tarde foram apropriados pelos gregos, os quais introduziram a noção de esfera celeste, aprimorando o conhecimento que temos sobre os astros.

A leitura e o debate do texto foram feitos, pausadamente, por cada um dos cursistas. Assim, com auxílio do pesquisador, debateram cada uma das ideias, conceitos e figuras existentes. O texto serviu para apresentarmos uma primeira noção dos conceitos envolvidos nos modelos (concretos e virtuais) que estaríamos construindo e manipulando no decorrer das atividades.

6.5.3.1 Da observação da sombra solar em um gnômon à criação da esfera celeste

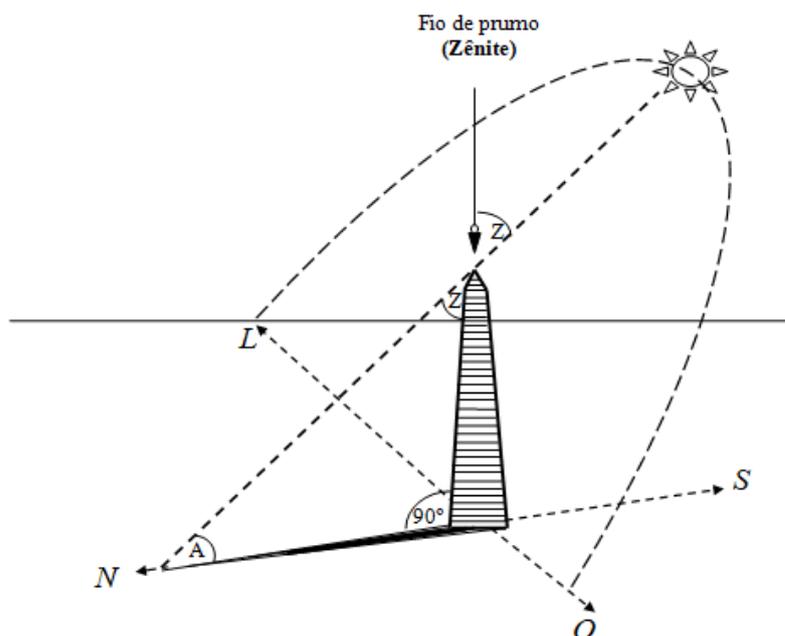
Talvez, movidos pelo desejo de compreender os seus mais inquietantes pensamentos, em busca de repostas sobre um Universo que lhes escapava à compreensão, os homens pré-históricos foram rabiscando seus primeiros registros, sobre suas observações dos astros celestes, em paredes de cavernas, em tumbas, em marcações em pedras e na construção de outras obras megalíticas que se encontram até hoje espalhadas pelo nosso Planeta. Conforme já foi demonstrado pela arqueoastronomia, Stonehenge (Inglaterra), um dos mais antigos conjuntos megalíticos já conhecidos, apresenta um alinhamento perfeito entre seus blocos de pedra, indicando que por volta de 3.000 a.C. o homem já tinha conhecimento sobre o movimento diário do Sol com bastante propriedade (Faria, 1987).

Mas, é sabido que os egípcios, um pouco antes desse período, já dividiam o ano em 365 dias observando os sucessivos nascimentos e ocasos da estrela Sirius, a estrela mais brilhante no céu noturno. E contabilizavam o passar do dia

observando a sombra solar em um gnômon (Hogben, 1970). O gnômon é um dos mais antigos instrumentos astronômicos: trata-se de uma estaca vertical fincada ao solo que durante o dia projeta a sombra solar. Foi relacionando a movimentação dessa sombra projetada pelo gnômon (Figura 30), ao longo do dia, que o homem construiu as primeiras tabelas para a duração do dia e os primeiros relógios solares. De acordo com Hogben (21, p. 55):

É bem provável que, já antes do início do grande calendário da civilização o homem tivesse eleito duas linhas fundamentais de referência: o primeiro meridiano, que liga os pontos norte e sul do horizonte (indicado pela sombra solar ao meio-dia) e outra linha perpendicular a ele, que liga os pontos leste e oeste. A descoberta dessas duas referências foi o primeiro problema matemático da experiência social da humanidade.

Figura 30 - Representação do movimento aparente do Sol nos *equinócios* de outono e primavera no antigo Egito (Hemisfério Norte), aproximadamente, 21 de setembro e 21 de março.



A sombra solar projetada pelo obelisco, ao meio-dia Solar, nos equinócios, indica-nos a direção norte-sul ou a direção do meridiano do lugar.

Fonte: Adaptado do modelo de Hogben (1970, p. 45).

O termo equinócio provém do latim *aequus* (igual) e *nox* (noite), significando noites iguais, registrando os dois únicos momentos no decorrer de um ano, em que a noite e o “dia claro” têm a mesma duração (12 horas), exceto nos Polos. A expressão “dia claro” deve ser entendida como o período em que há luz solar (diurno) em oposição à noite, ausência da luz solar (noturno); e não deve ser confundida com a expressão “dia”, que é equivalente a 24 horas (23 horas, 56

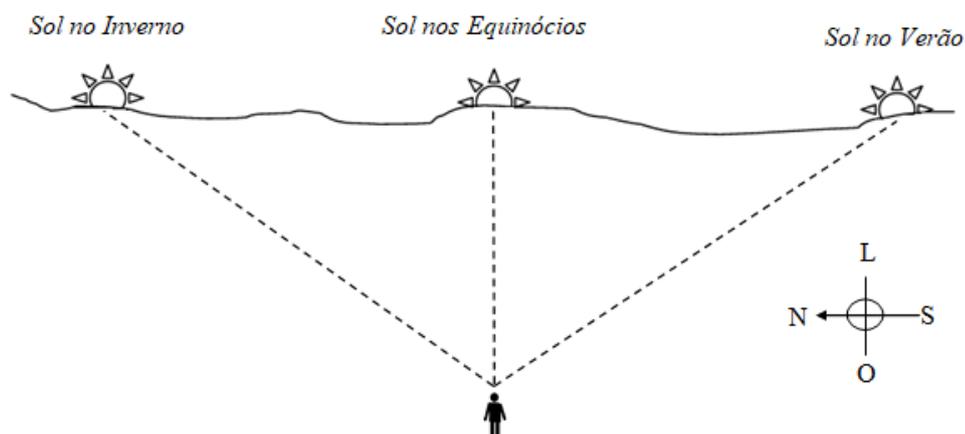
minutos, 24 segundos para ser mais preciso) e contém os contrastes noite/dia claro ocasionados pelo movimento de rotação da Terra.

A representação (Figura 31) indica, além disso, os dois únicos dias do ano em que o Sol nasce no leste e se põe no oeste. Dela, podemos exprimir ainda alguns conceitos astronômicos importantes como, por exemplo, o zênite ou vertical do lugar - aquela direção que está acima da cabeça de um suposto observador (indicada pelo fio de prumo). O ângulo (A), formado pelo raio do Sol com o plano do horizonte, é denominado: altura do Sol; o ângulo (Z), formado pelo raio solar e o zênite, é denominado: distância zenital do Sol; produzem um ângulo de (90°) com o obelisco. A representação de Hogben (1970) demonstra, talvez, um dos mais antigos modelos matemáticos já desenvolvidos pelo homem, identificado nas seguintes equações: $A = 90^\circ - Z$ ou $Z = 90^\circ - A$.

Embora os primeiros instrumentos para medições e pesquisas ficassem invariavelmente restritos às observações diurnas da sombra solar projetadas por um gnômon (estaca fincada ao solo) ou até mesmo em observações noturnas a olho nu, as poucas informações que eram coletadas, gradativamente, por meio de registros em tabelas de pedra, em papiros, foram suficientes para auxiliá-los no entendimento do clima, na escolha da melhor época do ano para o plantio, na criação dos animais, na contagem do tempo e na organização da vida social como um todo.

Registros em antigos monumentos calendários demonstram que o homem tenha possivelmente determinado os equinócios, os dois únicos dias do ano em que o Sol tem seu nascimento no leste e ocaso no oeste (aproximadamente nos dias 21 de março e 21 de setembro) observando os solstícios, isto é, observando os instantes em que o Sol nascia mais ao sul do leste, e mais ao norte do leste, no horizonte (aproximadamente nos dias 21 de dezembro e 21 de junho) (Hogben, 1970). Estas observações nos ajudaram a perceber, por exemplo, que no verão, no Hemisfério Sul, o Sol nasce e se põe mais a sudeste e sudoeste, e no inverno, mais a nordeste e a noroeste, respectivamente. Já no verão, no Hemisfério Norte, ocorre o contrário, o Sol nasce a nordeste e se põe a noroeste, e no inverno a sudeste e a sudoeste, devido, especialmente, à inclinação do eixo da Terra e aos seus movimentos de rotação e translação. Durante um ano, portanto, já sabiam que o Sol nasce no leste e tem seu ocaso (pôr) no oeste em apenas dois dias específicos do ano, nos dias em que as noites têm medidas iguais às medidas do "dia claro", de aproximadamente 12 horas, cada um, em ambos os hemisférios da Terra.

Figura 31 - Representação do Sol nascente nos equinócios de outono (21 de março) e primavera (21 de setembro) e nos solstícios de inverno (21 de junho) e de verão (21 de dezembro) para o Hemisfério Sul.

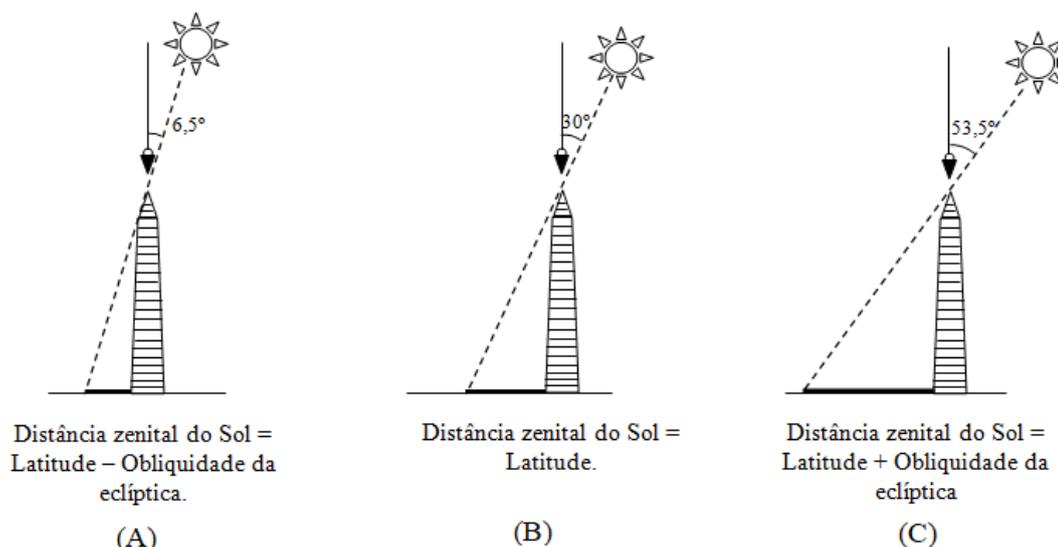


Na entrada do verão, o Sol nasce mais ao sul do leste e, na entrada do inverno, mais ao norte do leste. A cada dia que passa o Sol vai se deslocando, lento e gradualmente, indo de um extremo a outro, passando pelo leste, demarcando assim o início de cada estação do ano. Podemos considerar o mesmo para o Hemisfério Norte, porém, para isso, seria necessário inverter a posição N-S da legenda.

Fonte: Adaptado do modelo de Hogben (1970, p. 58).

Os sacerdotes calendaristas do antigo Egito utilizavam suas observações da sombra solar, em sua passagem meridiana (ao meio-dia solar), no período dos equinócios e dos solstícios, para medir de modo muito aproximado a obliquidade (inclinação) da eclíptica (trajetória aparente do Sol) na esfera celeste, em relação ao equador celeste (Figura 32). Atualmente sabe-se que esta inclinação é de $23^{\circ} 27'$ (vinte e três graus e vinte e sete minutos) em relação ao equador celeste e, é a principal responsável pelas estações do ano. Assim, em Mênfis, uma das cidades mais antigas do antigo Egito, em uma latitude de $+30^{\circ}$ (Hemisfério Norte), a distância zenital do Sol era facilmente encontrada. Para fins de aproximação é aceita uma inclinação de $23,5^{\circ}$ graus.

Figura 32 - Representação da sombra solar ao meio-dia solar em Mênfis no Egito (+ 30°), para o primeiro dia indicativo da entrada das estações do ano.



Em (A) temos o Sol ao meio-dia solar projetando uma sombra mais curta, indicando a entrada do verão. Em (B) temos uma projeção média, indicando a entrada do outono e da primavera (equinócios) e em (C) uma projeção mais longa, indicando a entrada do inverno.

Fonte: Adaptado do modelo de Hogben (1970, p. 48).

Dentre os grandes centros de astronomia do mundo antigo, ganharam destaque aqueles mantidos pelos Babilônios, Egípcios, Chineses, Maias e Incas. Estes povos foram os pioneiros na construção de calendários baseados no movimento da Lua, do Sol e numa série de outros fenômenos como as revoluções sinódicas dos planetas, a periodicidade dos eclipses, entre outros (Herrmann, 1983). Entretanto, foram os gregos (600 a.C. a 400 d.C.) que, bem mais tarde, aproveitando todo esse conhecimento astronômico que veio sendo acumulado ao longo dos milênios, fizeram uma interpretação mais racional da natureza, através da matemática, em especial, da geometria e da trigonometria, contribuindo com conceitos e teorias que até hoje nos são úteis para a localização dos astros no céu. Um exemplo disso é a noção de esfera celeste (Oliveira Filho; Saraiva, 2000).

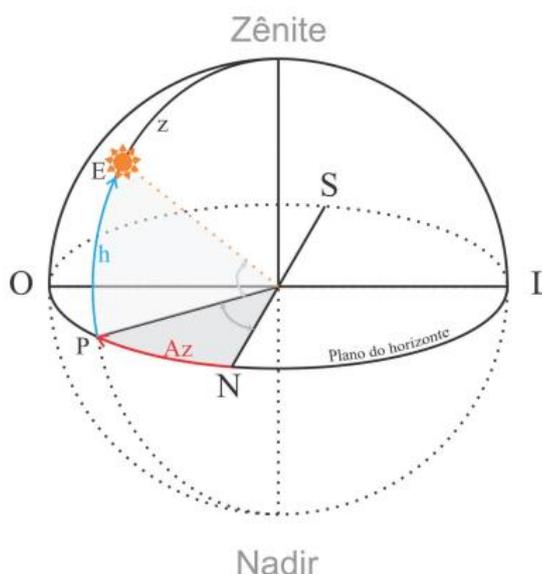
Os gregos, ao fazerem suas observações do céu, imaginavam estarem envoltos por uma imensa esfera contendo em sua superfície uma grande quantidade de estrelas e constelações, e em seu centro, a Terra. Hoje, a descrição do movimento aparente dos astros, conforme Oliveira Filho e Saraiva (2000, p. 9), é associada ao movimento de rotação da Terra:

Com o passar das horas, os astros se movem no céu, nascendo a leste e se pondo a oeste. Isso causa a impressão de que a esfera celeste está girando de leste para oeste, em torno de um eixo imaginário, que intercepta a esfera em dois pontos fixos, os polos celestes. Na verdade, esse movimento,

chamado movimento diurno dos astros, é um reflexo do movimento de rotação da Terra, que se faz de oeste para leste. O eixo de rotação da esfera celeste é o prolongamento do eixo de rotação da Terra, e os polos celestes são as projeções, no céu, dos polos terrestres.

É importante percebermos que, embora a esfera celeste esteja presente apenas no mundo das ideias, sendo apenas uma abstração e não algo real, trouxe-nos a oportunidade de compreendermos um pouco melhor o movimento aparente dos astros. Foi partindo dessa concepção mais primitiva que a astronomia moderna passou a desenvolver modelos matemáticos que nos permitem encontrar a posição de um astro na esfera celeste em qualquer tempo, a partir de suas coordenadas astronômicas (Figura 33).

Figura 33 - Representação do sistema de coordenadas horizontais

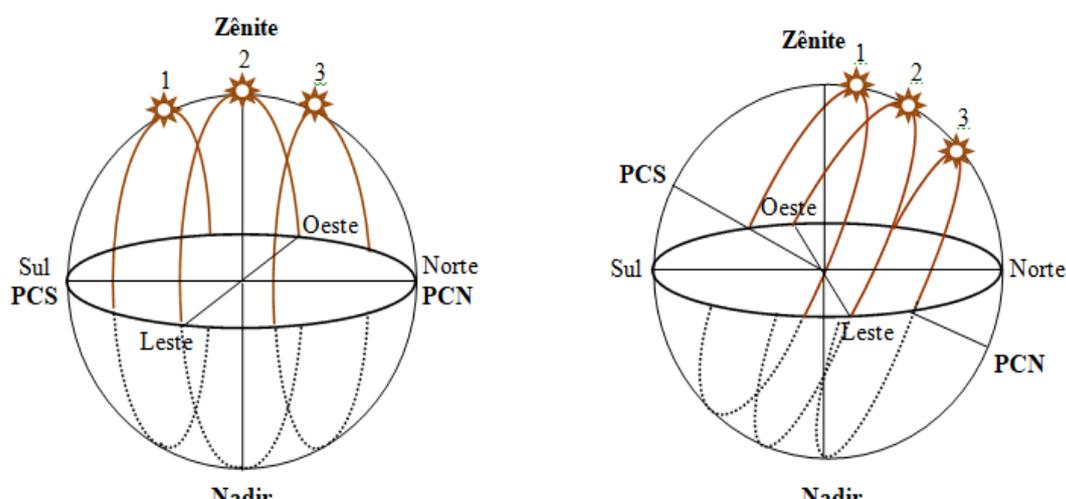


Fonte: Retirado de Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 9).

Note que, ao centro da superfície esférica (esfera celeste), representado por um ponto geométrico, temos o planeta Terra, com um suposto observador hipotético (sob o plano do horizonte), a contemplar uma estrela no céu. Junto ao plano do horizonte temos ainda a direção dos quatro pontos cardeais (L, O, N, S); a reta perpendicular que cruza o ponto situado ao centro do disco (Terra), indica a direção ou o ponto diretamente acima (zênite) e abaixo (nadir) da cabeça do observador; temos também (h) = altura ou o afastamento angular do astro em relação ao horizonte do observador; (z) = distância zenital ou o afastamento angular do astro em relação ao zênite do observador; (A) = Azimute, indicando o afastamento angular do astro (arco NP) em relação ao meridiano do observador.

A representação do céu numa esfera é fundamental para compreender a proposta deste trabalho. Como a Terra, nesta representação, está no centro da esfera celeste, é importante definir o movimento diário do Sol percebido por um observador. Devido ao movimento de rotação da Terra, do oeste para o leste, o Sol descreve um movimento aparente “diário” em sentido contrário, do leste para o oeste, percebido em qualquer lugar do planeta. Já o movimento de translação da Terra ao redor do Sol, associado à inclinação do eixo de rotação da Terra, resulta num movimento aparente “anual” do Sol que está relacionado às estações do ano. Essas observações nos ajudam a perceber, por exemplo, que o Sol descreve uma trajetória anual aparente em apenas uma faixa da esfera celeste, e não em toda a esfera. A visualização dessa trajetória será distinta para observadores em distintas regiões da Terra, conforme podemos observar (Figuras 34a e 34b), abaixo:

Figura 34 - Representação da trajetória anual do Sol na esfera celeste para uma latitude de 0° Macapá-AP (lado esquerdo) e para uma latitude de - 30° Uruguiana-RS (lado direito).



Note que as numerações em cada Sol representam, respectivamente: 1) Sol ao meio-dia no Solstício de verão; 2) Sol ao meio-dia nos equinócios de outono e primavera e 3) Sol ao meio-dia no Solstício de inverno.

Fonte: Autoria própria

Entretanto, logo pensará você, a quem interessaria hoje compreender o movimento diário do Sol (MDS)? Aos agricultores que, no cultivo de uma determinada espécie de planta, devem levar em consideração uma série de fatores como o solo, a vegetação e principalmente o clima da região? Aos arquitetos que, ao construírem uma casa ou edifício, procuram a iluminação solar mais adequada para sua obra? Aos engenheiros, que na intenção de construírem coletores de energia solar cada vez mais eficientes, precisam saber qual o ângulo ótimo de incidência da

radiação solar ao longo do dia e em diferentes épocas do ano? Médicos, enfermeiros e educadores em geral, no conhecimento sobre a radiação solar na produção da vitamina D e outras implicações em saúde e qualidade de vida? A resposta parece óbvia: a todos, os que foram referidos acima e, eventualmente, a muitos outros.

Você poderia colocar-se uma segunda questão, desta vez no sentido inverso: seriam necessários anos de estudos e um longo tempo de observação para prever o movimento diário do Sol? Diríamos que não! Precisamos apenas compreender a relação do movimento relativo entre a esfera celeste e o planeta Terra, alguns conceitos básicos de geografia como a latitude, e um modelo didático que nos permita identificar o movimento solar em diferentes regiões do planeta. Vamos modelizar?

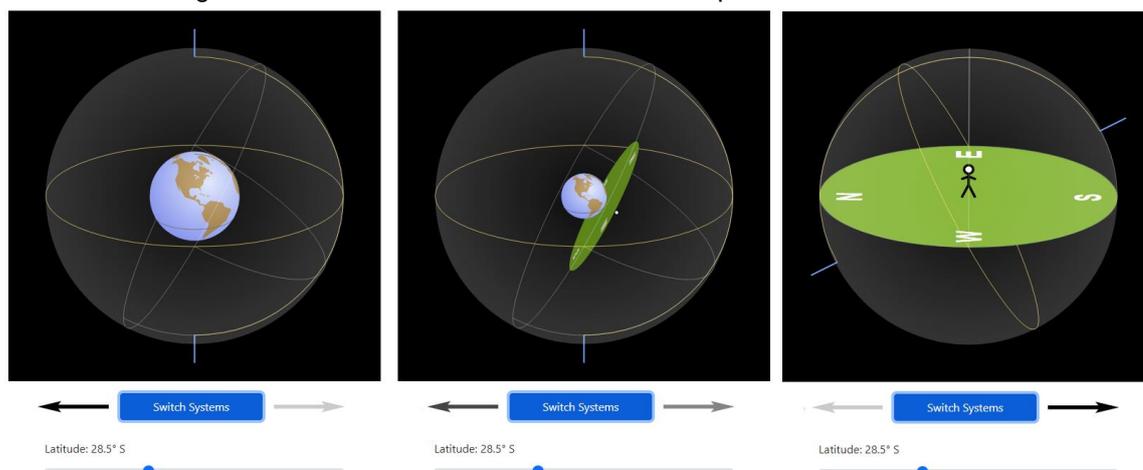
6.4.4 Encontro 5: No laboratório de informática para manipulação e simulação com modelos virtuais dinâmicos

Novamente, a fim de reforçarmos o entendimento sobre as noções de plano de horizonte e esfera celeste estudados durante a leitura do texto do saber, vistos anteriormente sob a forma de modelos estáticos (desenhos), passamos a trabalhar na manipulação e simulação de alguns modelos virtuais dinâmicos desenvolvidos pela Universidade de Nebraska-Lincoln.

O primeiro modelo simula a representação da esfera celeste e do plano do horizonte para uma latitude escolhida pelo usuário (Figura 35). A latitude pode ser selecionada deslizando o botão horizontal para a esquerda (latitudes do Hemisfério Sul) ou direita (latitudes do Hemisfério Norte). Ao clicarmos no botão: *Switch Systems*, o programa simula o plano do horizonte centrado na esfera celeste para a latitude selecionada. O modelo virtual é bastante útil para unir as coordenadas celestes equatoriais e as coordenadas horizontais, além de oportunizar a localização dos polos celestes no céu para distintas latitudes.

Assim, simulamos o plano do horizonte centrado na esfera celeste para a latitude de São Borja-RS, aproximadamente - 28, 6°.

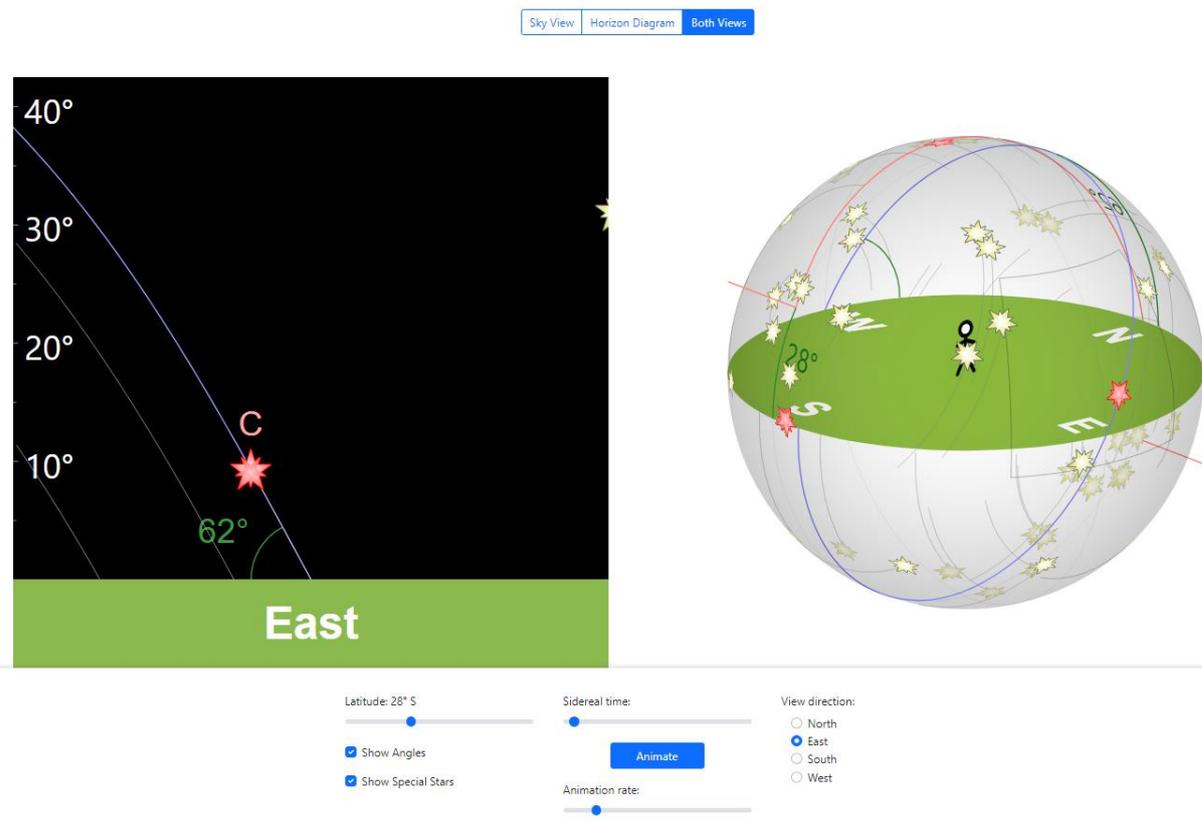
Figura 35 - Modelo virtual de esfera celeste e plano do horizonte



Fonte: <https://astro.unl.edu/smartphone/Switch/>

O segundo modelo virtual (Figura 36), além de apresentar a esfera celeste e o plano do horizonte, permite a visualização dos movimentos das estrelas: 1) representação da esfera celeste em que a latitude e a posição dos polos pode ser determinada e 2) permite uma visão do observador para a direção de qualquer um dos pontos cardeais. Além disso, é possível explorar a localização dos polos celestes em função da latitude e do ângulo que as trajetórias das estrelas formam com o plano do horizonte.

Figura 36 - Modelo virtual de esfera celeste e plano do horizonte regulado para São Borja-RS



Fonte: <https://astro.unl.edu/smartphone/StarTrails/>

Novamente, chamamos a atenção para os conceitos astronômicos de esfera celeste, plano do horizonte, inclinação do eixo de rotação, polos celestes e movimento aparente das estrelas para São Borja-RS.

Finalmente, aproveitamos para trabalhar mais uma vez os conceitos de esfera celeste e plano do horizonte a partir de um terceiro modelo virtual: o *Stellarium*, permitindo uma visualização mais “realista” dos conceitos astronômicos em estudo (Figura 37).

Figura 37 - Imagem do programa Stellarium



Fonte: <https://stellarium.org/pt/>

Importante relatar que os professores ficaram impressionados com o *Stellarium* quanto a sua capacidade em simular as estrelas e as constelações no céu de modo muito prático e dinâmico, programa que até então era desconhecido para eles. Alguns professores relataram que haviam gostado tanto do programa que acabaram divulgando para seus alunos e ensinando-os a instalá-lo e utilizá-lo em seus celulares.

6.4.5 Encontro 6: Na sala de aula para construção e exploração do modelo concreto do movimento diário do Sol (modelo concreto do MDS)

Dando início à “Aplicação do conhecimento” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018), seguimos com o desenvolvimento da atividade de construção e manipulação do modelo concreto do MDS.

Inicialmente, o pesquisador apresentou o modelo didático aos cursistas, explicou sobre o seu funcionamento e chamou a atenção para os conceitos astronômicos a ele atrelados, como os conceitos de esfera celeste, plano do horizonte e trajetórias solares, visualizados anteriormente nas atividades. Também chamou a atenção dos cursistas para visualizarem o modelo concreto do MDS e percebessem a semelhança conceitual com os modelos didáticos, estáticos e

dinâmicos, trabalhados anteriormente na sala de aula e no laboratório de informática.

O pesquisador alcançou os materiais necessários para a elaboração do modelo didático e começou a ensiná-los a como proceder para a sua construção (Figura 38). Os materiais utilizados foram: dois CDs de computador; um suporte de madeira (8cm x 2cm x 1cm); uma faixa de transparência com as trajetórias solares impressas; um transferidor; uma casinha de madeira; uma fita adesiva larga; dois alfinetes; uma tesoura; dois parafusos agulha; um papel contact colorido; três miçangas; uma agulha; uma linha de costura; uma parafusadeira e um alicate.

Figura 38 - Construção do modelo concreto do MDS



Fonte: Acervo pessoal (30/03/2023).

Os cursistas foram estimulados a construir dois modelos didáticos cada um. O primeiro foi regulado e travado para a cidade de São Borja–RS. O segundo, destravado, para poder ser manipulado e regulado para qualquer latitude do planeta (Figura 39).

Figura 39 - Modelos didáticos elaborados pelos cursistas



Fonte: Acervo pessoal (11/04/2023).

Foram realizadas diversas explorações e previsões com os modelos concretos. Os cursistas foram estimulados a preverem a duração do período diurno para São Borja–RS nos equinócios e solstícios. Depois, aprenderam a prever a duração do período diurno para a linha do equador e polo sul. Identificaram também o período diurno para aquelas latitudes mais altas, acima de 65° , onde se pode começar a observar o fenômeno conhecido como Sol da meia-noite. Visualizaram os

pontos cardeais e as diferentes posições do nascimento e ocaso solar ao longo do ano. Aprenderam a posicionar uma casa no plano do horizonte de tal modo que esta recebesse um maior período de insolação na parte da frente ao longo do ano; entre outras previsões.

6.4.6 Encontro 7: Na sala de aula para exploração do modelo virtual para o movimento diário do Sol (modelo virtual do MDS)

O modelo virtual do movimento diário do Sol (modelo virtual do MDS) foi desenvolvido por meio de um processo de transposição didática a partir do modelo concreto do MDS (Silva, Catelli, 2020). O modelo virtual é, portanto, um artefato do conhecimento que foi desenvolvido para também auxiliar no ensino-aprendizagem da temática do movimento diário do Sol e surgiu durante a Pandemia da COVID-19 para que esta pesquisa também pudesse acontecer caso estivéssemos ainda em ensino remoto (Silva *et. al*, 2022).

Durante o encontro, para a exploração do modelo virtual, o pesquisador solicitou que os cursistas também levassem o modelo concreto analógico que lhe deu origem. Pois, fundamentados na teoria do ensino baseado em modelos, sabíamos que o uso de analogias poderia auxiliar no desenvolvimento do raciocínio analógico dos estudantes e, conseqüentemente, contribuir para o ensino-aprendizagem (Gilbert; Justi, 2016).

Inicialmente, o pesquisador apresentou as instruções iniciais sobre o funcionamento do modelo virtual e pediu para que os cursistas comparassem com aquele do modelo concreto. Logo, eles verificaram que ambos apresentavam os mesmos códigos de representação, os mesmos elementos conceituais, e uma diferença importante é que, enquanto no concreto a regulagem era feita de modo mecânico, manual, no virtual a regulagem era digital e automática.

Outro aspecto relevante observado é o da medida para o período diurno. No modelo concreto a medida das horas deve ser feita contando-se manualmente a escala de medida das horas na faixa das trajetórias, enquanto no modelo virtual um valor numérico é dado pelo seu sistema de informação.

O modelo virtual é um modelo didático digital construído no Geogebra e foi desenvolvido para ter uma interface dinâmica e interativa de modo que os seus

usuários aprendam a manipular e a utilizar o modelo a partir da leitura de algumas instruções iniciais de usabilidade (Figura 40).

Figura 40 - Instruções aos usuários

Modelo Didático Digital para o Ensino do Movimento Diário do Sol

Autor: Fernando Siqueira da Silva, Pedro Antonio Ourique

O modelo simula o movimento diário do Sol e prevê a duração do período diurno (dia claro) para qualquer localidade da Terra, em qualquer época do ano, de modo bastante aproximado da "Realidade".

Como utilizar o modelo?

Latitude No campo de entrada "Latitude" digite a latitude do local desejado e aperte o enter:

Para regiões do Hemisfério Sul (HS) digite o valor numérico "em graus decimais" correspondente à latitude do local, precedida do sinal de menos e use o símbolo "°" indicativo de graus. Ex: -30.03° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Porto Alegre/Brasil/RS.

Para regiões do Hemisfério Norte (HN) faça o mesmo, porém nesse caso apenas digite o valor numérico, sem usar o sinal. Ex: 48.85° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Paris/França.

Iniciar/Pausar O botão serve para iniciar e pausar a simulação.

Solstício de Dezembro O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de dezembro (Entrada do Inverno no HN e do Verão no HS).

Equinócio de Março/Setembro O botão posiciona o Sol nos Equinócios de março e de setembro.

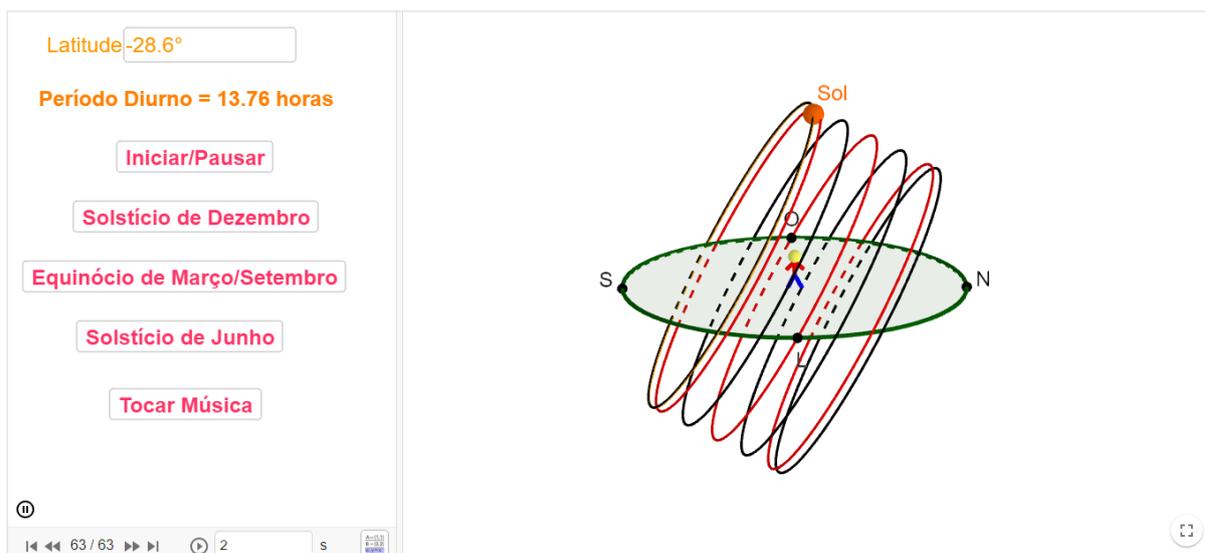
Solstício de Junho O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de Junho (Entrada do Verão no HN e do Inverno no HS).

Após aprender a utilizar o modelo não deixe de responder o nosso "quiz do conhecimento"!

Fonte: Retirado de Silva *et. al*, 2022, p. 219. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/xbaycp3z>

A partir das instruções, para que os usuários simulem o movimento diário do Sol para São Borja–RS, ao longo do ano, basta digitarem no modelo (Figura 41) a latitude da cidade (-28.6°) e depois clicarem no botão da estação do ano desejada (solstício de dezembro). O modelo informará automaticamente a duração do período diurno (13.76 horas).

Figura 41 - Modelo virtual regulado para São Borja–RS no solstício de dezembro



Fonte: Retirado de Silva *et. al*, 2022, p. 220. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/xbaycp3z>

Além da possibilidade de prever a duração do período diurno para qualquer localidade do mundo e, melhor ainda, visualizando a simulação da trajetória desse movimento e ainda acompanhando o nascer e o ocaso solar em cada estação do ano, os usuários também podem testar seus conhecimentos respondendo um “quiz do conhecimento” (Figura 42).

Figura 42 - Quiz do conhecimento

1 - A respeito do nascimento diário do Sol ao longo do ano é possível afirmar que:

a) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Norte; b) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Sul;
c) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Leste; d) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Oeste;
e) Nenhuma das alternativas.

Resposta

 Conferir

Parabéns, você acertou! Infelizmente, apesar de muito difundido no ensino de ciências, o Sol não nasce “sempre” no ponto cardinal Leste como você talvez tenha pensado. O Sol só nasce no ponto cardinal Leste nos Equinócios de outono e primavera, aproximadamente nos dias 21 de março e 21 de setembro.

2 - A respeito do pôr do Sol ao longo do ano é possível afirmar que:

a) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Norte; b) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Sul;
c) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Leste; d) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Oeste;
e) Nenhuma das alternativas.

Resposta

 Conferir

Nova Tentativa

Incorreto! Durante muito tempo foi ensinado que o Sol nasce “sempre” no ponto cardinal Leste e se põe “sempre” no ponto cardinal Oeste, porém, não é bem assim. Isso acontece apenas nos Equinócios de outono e primavera, ocasião em que o Sol em seu movimento anual, cruza o equador celeste. Continue tentando!

Fonte: Adaptado de Silva *et. al*, 2022, p. 221. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/xbaycp3z>

O quiz do conhecimento é um questionário para testagem de conhecimentos prévios sobre a temática do movimento diário do Sol. Os usuários devem escolher uma alternativa para a questão e após clicarem em “conferir” para ver a resposta. A cada

resposta correta os usuários podem progredir para a próxima questão. A cada questão errada devem rever sua alternativa. Em cada questão recebem um feedback sobre o motivo do acerto ou do erro. Assim, os usuários podem rever seus conhecimentos e ir progredindo no quiz.

Nesta atividade, os cursistas aprenderam a fazer diversas explorações e previsões com o modelo virtual. Aprenderam a prever a duração do período diurno para São Borja-RS nos equinócios e solstícios, depois para a linha do equador e polo sul. Também para aquelas regiões mais altas, acima de 65º, para observarem o fenômeno do Sol da meia-noite. Foram também estimulados a visualizar os pontos cardeais e as distintas posições do nascimento e ocaso solar ao longo do ano. Responderam ao quiz do conhecimento, entre outras manipulações e previsões.

6.4.7 Encontro 8: Na sala de aula para testagem e comparação das medidas do período diurno, calculadas no modelo concreto, no modelo virtual e no modelo da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*

Após os cursistas aprenderem sobre o funcionamento dos modelos didáticos (concreto e virtual) e realizarem algumas previsões com eles, foram estimulados a efetuar comparações entre as medidas encontradas com aquelas medidas retiradas do modelo científico, isto é, retirados da calculadora solar da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

A NOAA é uma agência norte-americana responsável por fazer previsões meteorológicas diárias, avisos sobre tempestades, monitoramento do clima no mundo todo. Em seu laboratório de monitoramento global existe uma calculadora solar capaz de gerar inúmeras informações sobre, por exemplo, nascer e pôr solar, meio-dia solar e posição solar para qualquer lugar do planeta. Além de outros dados como: equação do tempo, declinação solar, azimute e elevação.

A usabilidade do modelo da NOAA é bem simples: inicialmente o usuário deve arrastar o alfinete no mapa até encontrar o local desejado ou entrar com os dados para latitude e longitude do lugar no campo “localização” (Figura 43).

Figura 43 - Calculadora solar da NOAA

NOAA Solar Calculator

Find Sunrise, Sunset, Solar Noon and Solar Position for Any Place on Earth

Show: World Cities U.S. Cities GML Observatories GML Data Sites SurfRad & Solrad

Drag the large red pin to the desired location and enter the date and time at which to calculate the sun position.



Location:

Latitude: Longitude: Time Zone:

UTC Offset:

Date:

Day: Month: Year:

Local Time: : : PM

Result

Equation of Time (minutes):	Solar Declination (in°):	Solar Noon (hh:mm:ss):	Apparent Sunrise (hh:mm):	Apparent Sunset (hh:mm):	Az/El (in °) at Local Time:
-2.73	6.11	12:46:56	06:56	18:37	291.88 23.75

Show Sunrise Show Sunset Show Azimuth

Sunrise/Sunset Tables

Tables with times of sunrise, sunset and solar noon for each day of the year for the location and year specified in the form above can be created by clicking on the button below.

Tables will open up in a new tab/window

Fonte: Disponível em: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>

Depois, basta clicar no botão “crie tabelas de nascer/pôr do sol para o ano” que o modelo apresenta duas tabelas, uma para o nascer do Sol (Figura 44) e outra para o pôr do Sol (Figura 45) para todos os dias do ano.

Figura 44 - Tabela da NOAA para o nascer solar para o ano de 2023

Sunrise Table for 2023												
Location: Latitude -28.65975 Longitude -56.00317												
Time Zone Offset: America/Sao_Paulo -3.0												
All times are in local time. Cells with light green color indicate when daylight saving time is in effect.												
Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	05:49	06:15	06:36	06:54	07:11	07:29	07:38	07:27	06:59	06:23	05:51	05:38
2	05:50	06:16	06:36	06:55	07:12	07:29	07:38	07:27	06:57	06:22	05:51	05:38
3	05:51	06:16	06:37	06:55	07:12	07:30	07:38	07:26	06:56	06:21	05:50	05:38
4	05:52	06:17	06:38	06:56	07:13	07:30	07:37	07:25	06:55	06:20	05:49	05:38
5	05:52	06:18	06:38	06:56	07:13	07:31	07:37	07:24	06:54	06:18	05:48	05:38
6	05:53	06:19	06:39	06:57	07:14	07:31	07:37	07:24	06:53	06:17	05:48	05:38
7	05:54	06:20	06:40	06:57	07:15	07:32	07:37	07:23	06:52	06:16	05:47	05:38
8	05:55	06:20	06:40	06:58	07:15	07:32	07:37	07:22	06:51	06:15	05:46	05:39
9	05:55	06:21	06:41	06:58	07:16	07:32	07:37	07:21	06:49	06:14	05:46	05:39
10	05:56	06:22	06:41	06:59	07:16	07:33	07:37	07:20	06:48	06:13	05:45	05:39
11	05:57	06:23	06:42	07:00	07:17	07:33	07:37	07:20	06:47	06:12	05:44	05:39
12	05:58	06:24	06:43	07:00	07:18	07:34	07:36	07:19	06:46	06:11	05:44	05:39
13	05:59	06:24	06:43	07:01	07:18	07:34	07:36	07:18	06:45	06:09	05:43	05:40
14	05:59	06:25	06:44	07:01	07:19	07:34	07:36	07:17	06:43	06:08	05:43	05:40
15	06:00	06:26	06:44	07:02	07:19	07:35	07:36	07:16	06:42	06:07	05:42	05:40
16	06:01	06:27	06:45	07:02	07:20	07:35	07:35	07:15	06:41	06:06	05:42	05:41
17	06:02	06:27	06:46	07:03	07:20	07:35	07:35	07:14	06:40	06:05	05:41	05:41
18	06:03	06:28	06:46	07:03	07:21	07:36	07:35	07:13	06:39	06:04	05:41	05:41
19	06:04	06:29	06:47	07:04	07:22	07:36	07:34	07:12	06:37	06:03	05:41	05:42
20	06:05	06:30	06:47	07:05	07:22	07:36	07:34	07:11	06:36	06:02	05:40	05:42
21	06:05	06:30	06:48	07:05	07:23	07:36	07:33	07:10	06:35	06:01	05:40	05:43
22	06:06	06:31	06:48	07:06	07:23	07:37	07:33	07:09	06:34	06:00	05:40	05:43
23	06:07	06:32	06:49	07:06	07:24	07:37	07:32	07:08	06:33	05:59	05:39	05:44
24	06:08	06:32	06:50	07:07	07:25	07:37	07:32	07:07	06:31	05:58	05:39	05:44
25	06:09	06:33	06:50	07:07	07:25	07:37	07:31	07:06	06:30	05:57	05:39	05:45
26	06:10	06:34	06:51	07:08	07:26	07:37	07:31	07:05	06:29	05:56	05:39	05:45
27	06:10	06:34	06:51	07:09	07:26	07:37	07:30	07:04	06:28	05:56	05:39	05:46
28	06:11	06:35	06:52	07:09	07:27	07:37	07:30	07:03	06:27	05:55	05:38	05:47
29	06:12		06:52	07:10	07:27	07:37	07:29	07:02	06:25	05:54	05:38	05:47
30	06:13		06:53	07:10	07:28	07:38	07:29	07:01	06:24	05:53	05:38	05:48
31	06:14		06:53		07:28		07:28	07:00		05:52		05:49

Fonte: Disponível em: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>

Figure 45. Tabela de NOAA para o fuso horário de São Paulo de 2023

Sunset Table for 2023												
Location: Latitude -28.65975 Longitude -56.00317												
Time Zone Offset: America/Sao_Paulo -3.0												
All times are in local time. Cells with light green color indicate when daylight saving time is in effect.												
Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	19:45	19:40	19:16	18:41	18:11	17:55	17:58	18:14	18:30	18:45	19:04	19:28
2	19:46	19:39	19:15	18:40	18:10	17:55	17:59	18:14	18:30	18:45	19:05	19:29
3	19:46	19:39	19:14	18:39	18:09	17:54	17:59	18:15	18:31	18:46	19:06	19:30
4	19:46	19:38	19:13	18:38	18:09	17:54	17:59	18:15	18:31	18:46	19:06	19:30
5	19:46	19:38	19:12	18:37	18:08	17:54	18:00	18:16	18:32	18:47	19:07	19:31
6	19:46	19:37	19:11	18:36	18:07	17:54	18:00	18:16	18:32	18:47	19:08	19:32
7	19:46	19:36	19:10	18:35	18:06	17:54	18:01	18:17	18:33	18:48	19:09	19:33
8	19:46	19:35	19:09	18:33	18:06	17:54	18:01	18:18	18:33	18:49	19:09	19:33
9	19:47	19:35	19:08	18:32	18:05	17:54	18:02	18:18	18:34	18:49	19:10	19:34
10	19:47	19:34	19:07	18:31	18:04	17:54	18:02	18:19	18:34	18:50	19:11	19:35
11	19:47	19:33	19:05	18:30	18:04	17:54	18:03	18:19	18:35	18:50	19:12	19:35
12	19:46	19:32	19:04	18:29	18:03	17:54	18:03	18:20	18:35	18:51	19:13	19:36
13	19:46	19:32	19:03	18:28	18:02	17:54	18:04	18:20	18:36	18:52	19:13	19:37
14	19:46	19:31	19:02	18:27	18:02	17:54	18:04	18:21	18:36	18:52	19:14	19:37
15	19:46	19:30	19:01	18:26	18:01	17:54	18:05	18:21	18:37	18:53	19:15	19:38
16	19:46	19:29	19:00	18:25	18:01	17:54	18:05	18:22	18:37	18:53	19:16	19:39
17	19:46	19:28	18:59	18:24	18:00	17:55	18:06	18:22	18:38	18:54	19:17	19:39
18	19:46	19:27	18:57	18:23	18:00	17:55	18:06	18:23	18:38	18:55	19:17	19:40
19	19:45	19:26	18:56	18:22	17:59	17:55	18:07	18:23	18:39	18:55	19:18	19:40
20	19:45	19:25	18:55	18:21	17:59	17:55	18:07	18:24	18:39	18:56	19:19	19:41
21	19:45	19:24	18:54	18:20	17:58	17:55	18:08	18:24	18:40	18:57	19:20	19:41
22	19:45	19:24	18:53	18:19	17:58	17:55	18:08	18:25	18:40	18:57	19:21	19:42
23	19:44	19:23	18:52	18:18	17:57	17:56	18:09	18:25	18:41	18:58	19:22	19:42
24	19:44	19:22	18:51	18:17	17:57	17:56	18:09	18:26	18:41	18:59	19:22	19:43
25	19:43	19:21	18:49	18:16	17:57	17:56	18:10	18:26	18:42	18:59	19:23	19:43
26	19:43	19:20	18:48	18:15	17:56	17:57	18:10	18:27	18:42	19:00	19:24	19:43
27	19:43	19:19	18:47	18:14	17:56	17:57	18:11	18:27	18:43	19:01	19:25	19:44
28	19:42	19:17	18:46	18:13	17:56	17:57	18:11	18:28	18:43	19:01	19:26	19:44
29	19:42		18:45	18:13	17:55	17:58	18:12	18:28	18:44	19:02	19:26	19:45
30	19:41		18:44	18:12	17:55	17:58	18:13	18:29	18:44	19:03	19:27	19:45
31	19:41		18:42		17:55		18:13	18:29		19:03		19:45

Fonte: Disponível em: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>

Para realizarem a comparação dos dados, os cursistas preencheram um quadro com as medidas retiradas dos distintos modelos, considerando a duração do período diurno para São Borja–RS (Quadro 8), Macapá–AP (Quadro 9) e Polo Sul (Quadro 10) na entrada dos equinócios e solstícios. Assim, eles realizaram a testabilidade dos modelos didáticos em comparação com o modelo científico da NOAA. Além disso, calcularam o erro percentual (Erro %) dos modelos didáticos. A comparação dos dados demonstrou-lhes que a duração do período diurno calculada através dos modelos didáticos é muito próxima da realidade, isto é, muito próxima da medida calculada pelo modelo científico da NOAA.

Quadro 8 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno em São Borja–RS

São Borja/ RS Latitude: -28.6°	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Período Diurno Modelo Concreto		Erro % = ((Valor Esperado - Valor Encontrado)/Valor Encontrado) x 100
	Hora	Hora decimal	Hora	Hora Decimal	Hora	Hora Decimal	
21 de dezembro	13:58	13.96	13:43	13.72	13:44	13.73	1.65%
21 de março	12:06	12.1	12:00	12	12:00	12	0.5%
21 de Junho	10:19	10.31	10:14	10.24	10:36	10.6	2.81%

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme podemos observar, no solstício de dezembro de 2023 a duração do período diurno em São Borja–RS, segundo os dados do modelo da NOAA, foi de 13h58min. Enquanto no modelo virtual (modelo do Geogebra) esse valor foi de 13h43min e, no modelo concreto, de 13h44min. Logo, uma diferença de 14 e 15 minutos para o modelo científico da NOAA e um erro % de 1.65%. Uma diferença menor ainda foi encontrada para o equinócio de março. Enquanto no modelo da NOAA tivemos 12h06min, no modelo virtual e concreto obtivemos a medida de 12h. Uma diferença de 6 minutos em relação ao modelo da NOAA e um erro % de 0.5%. Por fim, para o solstício de junho o da NOAA apontou 10h19min, enquanto o virtual, 10h14min e, o concreto, 10h36min. Uma diferença de 5 e 17 minutos para os dados do modelo da NOAA e um erro % de 2.81%.

Quadro 9 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno para Macapá–AP

Macapá/ AP Latitude: 0°	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Período Diurno Modelo Concreto		Erro % = ((Valor Esperado - Valor Encontrado)/Valor Encontrado) x 100
	Hora	Hora decimal	Hora	Hora Decimal	Hora	Hora Decimal	
21 de dezembro	12:07	12.12	12:00	12	12:00	12	1%
21 de março	12:07	12.12	12:00	12	12:00	12	1%
21 de Junho	12.08	12.13	12:00	12	12:00	12	1.07%

Fonte: Autoria própria (2023).

Em Macapá–AP, cidade sob a linha do equador, no solstício de dezembro de 2023 a duração do período diurno, conforme os dados do modelo da NOAA, foi de 12h07min. Nos modelos didáticos essa medida foi de 12h. Logo, uma diferença de 7 minutos e um erro de 1%. A mesma medida, 12h07min e o mesmo erro de 1% foram encontradas no equinócio de março. No solstício de junho, uma pequena diferença, o modelo da NOAA calculou 12h08min, enquanto os modelos didáticos 12h e um erro de 1.07%.

Quadro 10 - Comparação entre os dados dos modelos (concreto e virtual) com os do modelo da NOAA para a duração do período diurno para o Polo Sul

Polo Sul Latitude: -90°	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Período Diurno Modelo Concreto		Erro % = (Valor Esperado - Valor Encontrado)/Valor Encontrado) x 100
	Hora	Hora decimal	Hora	Hora Decimal	Hora	Hora Decimal	
21 de dezembro	-	-	24:00	24	24:00	24	Não é possível calcular o erro %, pois a calculadora
21 de março	-	-	24:00	24	24:00	24	da NOAA não oferece os dados para a latitudes maiores que 86°
21 de Junho	-	-	0	0	0	0	

Fonte: Autoria própria (2023).

No Polo Sul, no ponto mais meridional da Terra, o modelo da NOAA não oferece dados para a medida, pois somente apresenta para latitudes inferiores a

86°. Aqui está talvez uma limitação do modelo científico da NOAA se comparado aos modelos didáticos (concreto e virtual), os quais, mesmo mais limitados, ainda assim permitem a obtenção desses dados. No solstício de dezembro e no equinócio de março, por exemplo, os modelos didáticos mediram 24:00h de duração do período diurno. No solstício de junho, ambos os modelos calcularam 0:0h, ou seja, na estação de inverno o sol fica abaixo da linha do horizonte, não sendo possível ver a luz do dia até a chegada do equinócio de setembro.

Portanto, com essa atividade os cursistas conseguiram testar os modelos didáticos e compará-los com os dados retirados de um modelo científico (modelo da NOAA), o qual, por sua vez, é mais preciso, pois considera maior número de variáveis para calcular o tempo. Além disso, perceberam que os modelos didáticos (concreto e virtual), apesar de não tão precisos, são artefatos adequados para serem utilizados na escola, pois previam, de modo bastante aproximado, a duração do período diurno para São Borja–RS e outras localidades do mundo.

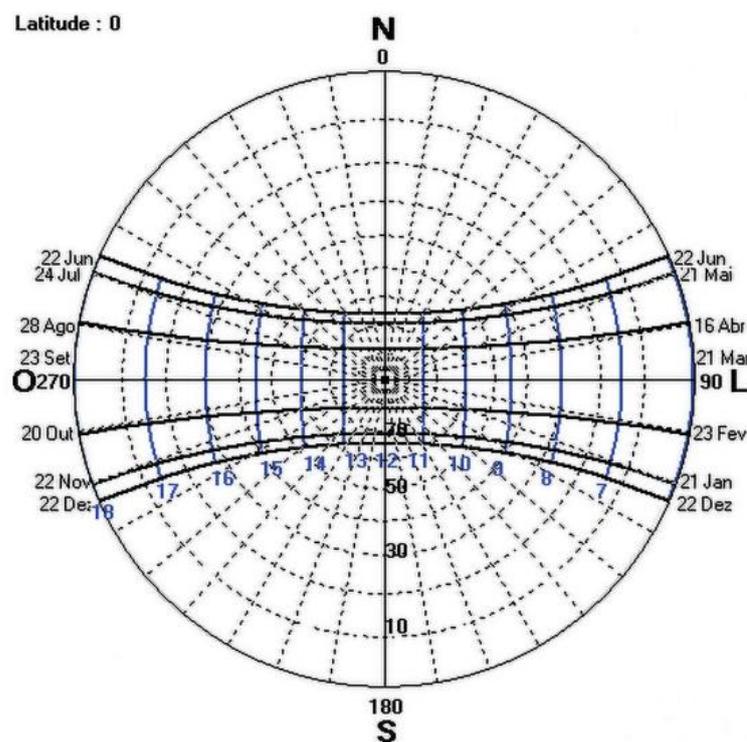
6.4.8 Encontro 9: Na sala de aula com cartas solares

O trabalho com os modelos didáticos (concreto e virtual) e sua comparação com um modelo científico (modelo da NOAA) auxiliou os cursistas a desenvolverem uma compreensão sobre o movimento diário do Sol no céu ao longo do ano para qualquer localidade do mundo. Nesta atividade eles aprenderam a calcular o tempo do período diurno, a visualizar as diferentes posições do nascimento do sol ao longo do ano, entre outras previsões. Até aqui, eles foram incentivados a desenvolver uma visualização tridimensional (3D) do movimento solar na esfera celeste. Agora, porém, a partir do trabalho com cartas solares, eles foram convidados a também desenvolver uma visão bidimensional (2D) do movimento solar.

Inicialmente, o pesquisador apresentou aos cursistas um modelo de carta solar (Figura 46), que é basicamente uma representação gráfica da trajetória anual do sol na esfera celeste projetada sobre um plano, o plano do horizonte. Também comentou que a carta solar também aparece na literatura como geometria solar, diagrama solar ou gráfico solar, apresentando diversos usos nas arquiteturas e engenharias como, por exemplo: definição das coordenadas do sistema horizontal: altura e azimute, ou seja, dados sobre a localização do sol na esfera celeste; planejamento do desenho urbano, auxiliando, por exemplo, na projeção do sistema

viário e no estudo da insolação e do sombreamento em edificações e arborizações; orientação dos edifícios conforme a incidência solar do local; determinação de obstáculos que prejudicam a visão da esfera celeste, também denominados máscaras de sombra; instalação de protetores solares, também denominados quebra-sóis e, posicionamento de coletores solares (Silva, Catelli, Dutra, 2021).

Figura 46 - Carta Solar para uma latitude de 0° (linha do equador)

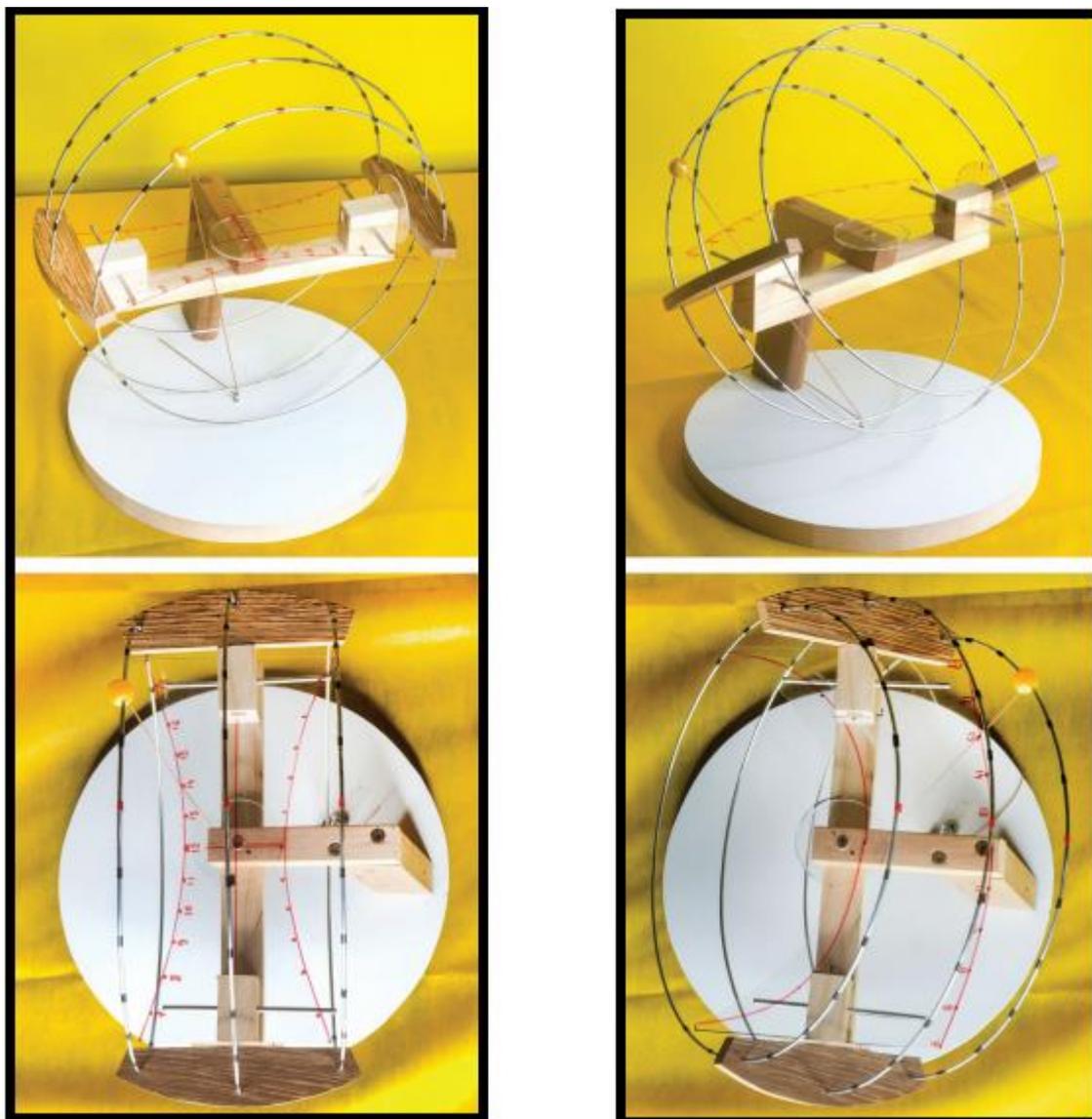


Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 6).

O pesquisador explicou aos cursistas que o surgimento de uma carta solar é o resultado de uma projeção estereográfica do movimento diário do Sol no céu (3D) em um plano (2D). Por isso, primeiramente, aprenderam sobre o movimento diário do Sol no céu antes de visualizarem a sua projeção sobre um plano.

Para ensinar sobre o funcionamento desse tipo de projeção, o pesquisador contou com o auxílio de outro modelo concreto (Figura 47) e outro modelo virtual do GeoGebra (Figura 48).

Figura 47 - Modelo concreto para representação da projeção estereográfica do movimento diário do Sol



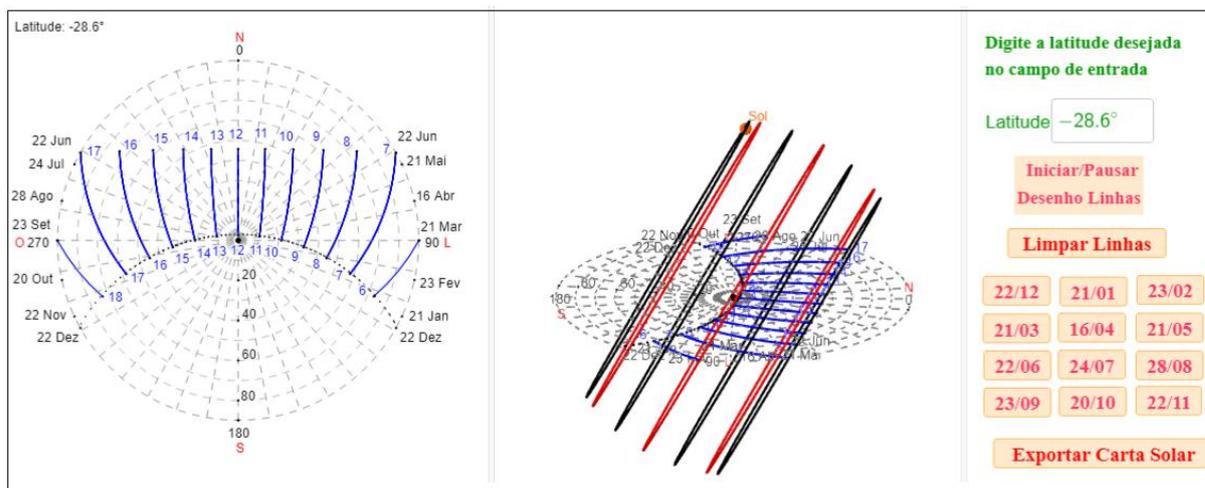
Modelo regulado para uma latitude de 0° (coluna da esquerda) e para uma latitude de -30° (coluna da direita) em uma visão aérea a partir do Sudoeste e do zênite. Representação ilustrativa e fora de escala.

Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 11).

O modelo concreto para a projeção estereográfica do movimento diário do Sol foi construído previamente pelos pesquisadores (Silva; Catelli; Dutra, 2021) e levado à sala de aula para exploração com os cursistas. Este foi mais um momento em que o pesquisador promoveu a comparação entre os modelos (concretos e virtuais) e seus códigos de representação, momento em que também foi estimulado o raciocínio analógico dos cursistas. Na projeção estereográfica, todo raio solar que parte do sol atravessa o plano do horizonte indo em direção ao nadir. Ao tocar o

plano do horizonte projeta sobre ele um ponto. O conjunto de pontos projetados no plano do horizonte pelos raios solares define a trajetória solar diária.

Figura 48 - Modelo virtual para representação da projeção estereográfica do movimento diário do Sol em São Borja–RS no solstício de dezembro (22/12/2023)



Fonte: Silva, Ourique (2023b). Disponível em:

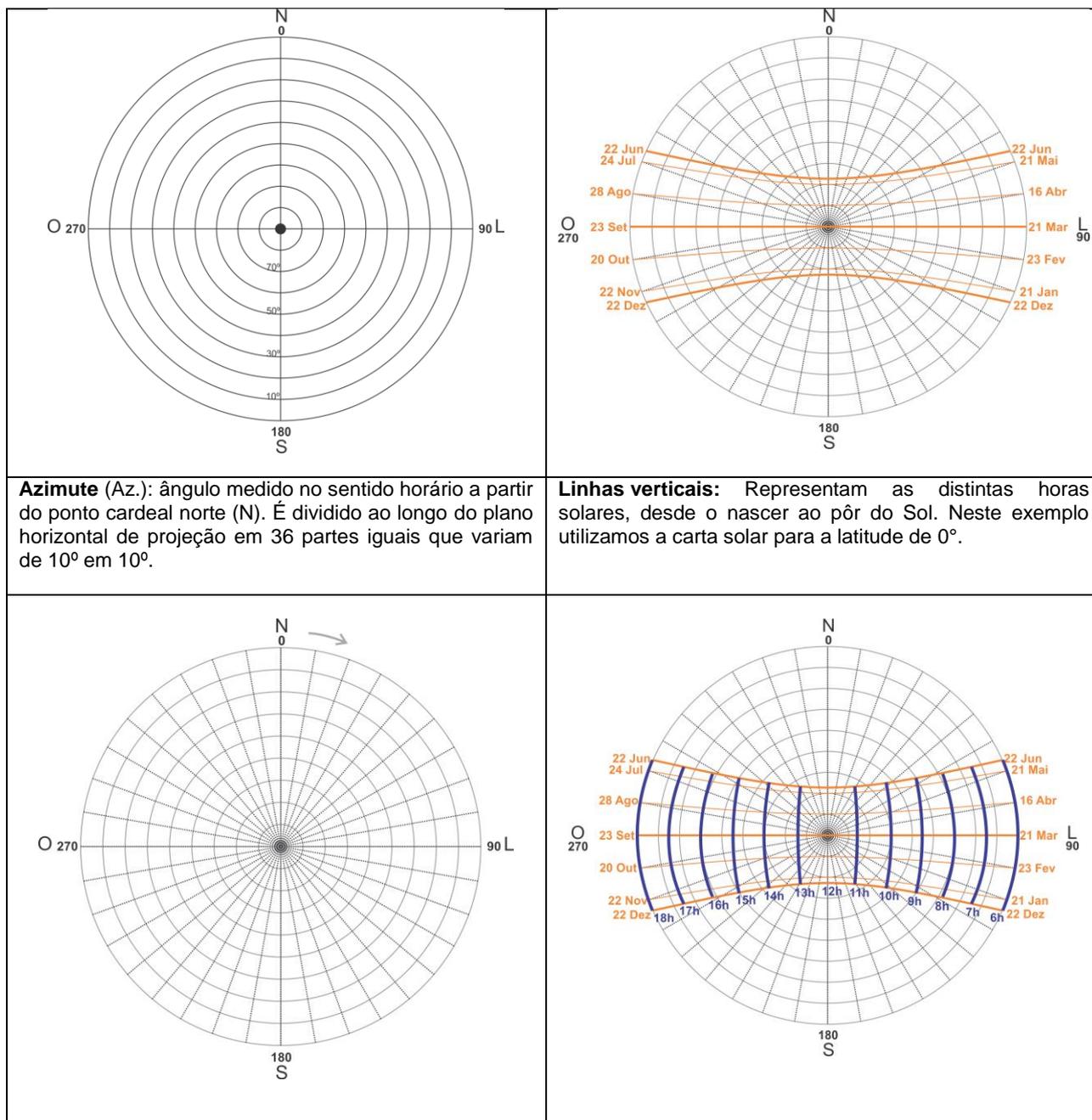
<https://www.geogebra.org/m/ew87c9af#material/fgekddst>

O modelo virtual para a projeção estereográfica do movimento diário do Sol foi construído previamente pelos pesquisadores (Silva; Ourique, 2023). O modelo virtual está dividido em três partes. Na primeira parte, no lado direito (Figura 48), é possível digitar a latitude do lugar, escolher o dia do ano em que se quer fazer a previsão e após clicar no botão “iniciar/pausar”. Na segunda parte, ao centro, o modelo começa a rodar o “Sol” em sua trajetória, conforme a data escolhida. Assim, na medida em que o “Sol” se desloca em sua trajetória diária, uma sucessão de pontos vai sendo projetada no plano do horizonte. Na terceira parte, lado esquerdo, é possível ter uma visão frontal desse conjunto de pontos que projetam as trajetórias solares na carta solar.

Após, os cursistas aprenderam sobre os principais conceitos envolvidos em uma carta solar, entre os quais: altura, azimute, linhas horizontais e linhas verticais (Quadro 11).

Quadro 11 - Principais conceitos de uma carta solar

<p>Altura (h): ângulo medido desde a extremidade (0°) até o centro (90°) do círculo. Representado por circunferências concêntricas.</p>	<p>Linhas horizontais: Representam as distintas trajetórias solares ao longo do ano e definem uma faixa das trajetórias que é específica de cada lugar. Neste exemplo utilizamos a carta solar para a latitude de 0°.</p>



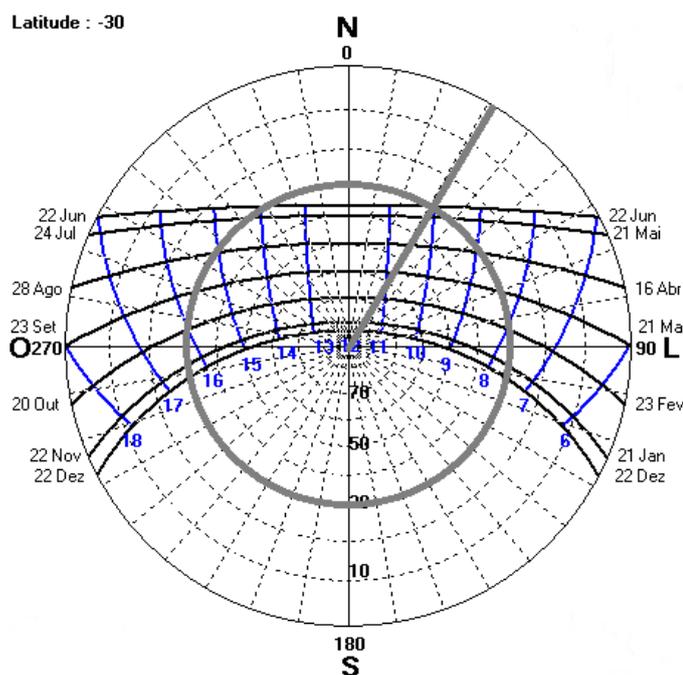
Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 12).

Realizado o estudo sobre os principais conceitos de uma carta solar, o pesquisador distribuiu aos cursistas algumas cartas solares da cidade de Uruguaiana (Figura 49), elaboradas no software SOL-AR 6.2 do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC⁸ (LabEEE). Na sequência, apresentou três exemplos de marcações possíveis na carta solar de Uruguaiana–RS ($\Phi = \sim -30^\circ$). Cada um dos exemplos contém um passo a passo para auxiliar os cursistas nas marcações.

⁸Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

Exemplo 1: Considerando o solstício de inverno no Hemisfério Sul, quais são as medidas de altura e azimute solar para a cidade de Uruguaiiana às 10h00min da manhã?

Figura 49 - Representação da marcação das medidas de altura e azimute às 10h00min no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana



Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 13).

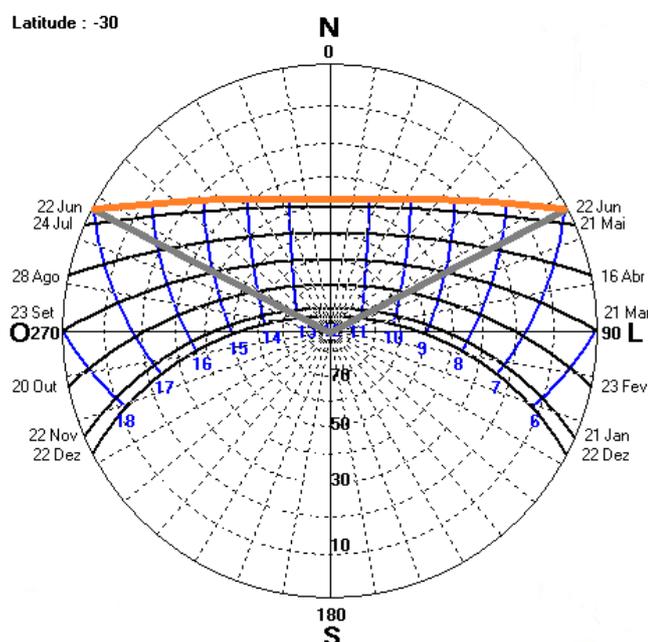
Passo a passo:

- 1) Instale no seu computador o programa SOL-AR 6.2 e insira a latitude (Φ) = -30° graus para gerar a carta da cidade de Uruguaiiana. A carta pode também ser impressa.
- 2) Identifique a linha indicativa da trajetória solar para o solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana.
- 3) Identifique agora, nesta mesma linha, a hora solar relativa às 10h e marque um ponto sobre ela.
- 4) Depois, com auxílio de uma régua, trace uma reta partindo do ponto central da carta solar, passando pelo ponto que foi marcado (10h00min) até interseccionar a circunferência relativa à medida dos azimutes.

Logo, esse procedimento resultará nos dados que são as medidas procuradas: $Az = 31^\circ$ e $h = 30^\circ$ em valores aproximados (conforme a Figura 49).

Exemplo 2: Considerando o solstício de inverno em Uruguaiiana, calcule o tempo de insolação da fachada (ou janela) Norte.

Figura 50 - Representação da marcação do período de insolação para a janela Norte no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana



Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 13).

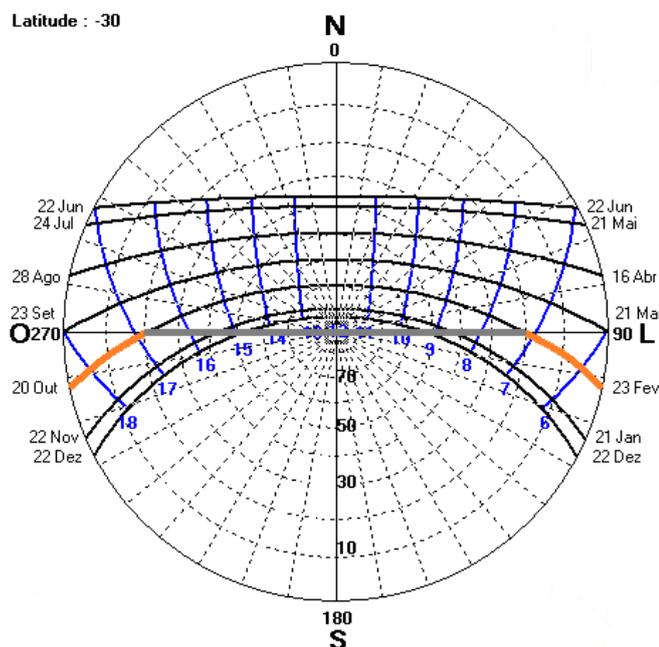
Passo a passo:

- 1) Insira a latitude da cidade de Uruguaiiana.
- 2) Identifique a linha indicativa da trajetória solar no solstício de inverno.
- 3) Trace uma linha do centro da carta solar até a posição do nascer e outra partindo do centro até a posição do pôr do Sol.

Logo, esse procedimento resultará em: nascer do Sol às 07h00min e pôr às 17h00min, fornecendo-nos a medida de 10 horas solares (conforme a Figura 50).

Exemplo 3: Considerando o dia 23 de fevereiro em Uruguaiiana, estime o tempo de insolação para a janela Sul.

Figura 51 - Representação da marcação do período de insolação para a janela sul no dia 23 de fevereiro na carta solar de Uruguaiiana



Fonte: Silva, Catelli e Dutra (2021, p. 13).

Passo a passo:

- 1) Insira a latitude da cidade de Uruguaiiana.
- 2) Identifique a linha indicativa da trajetória solar em 23 de fevereiro; repare que ela é a mesma do dia 20 de outubro.
- 3) Observe que a janela Sul receberá insolação, inicialmente, no período da manhã apenas, entre às 05h30min e 07h10min (valores aproximados). Depois, somente receberá insolação novamente no período da tarde entre às 16h50min e 18h30min (valores aproximados).

Logo, esse procedimento resultará, em valores aproximados: 1h e 40min (manhã) e 1h e 40min (tarde), fornecendo-nos a medida de 3h e 20min de insolação na janela Sul (conforme a Figura 51).

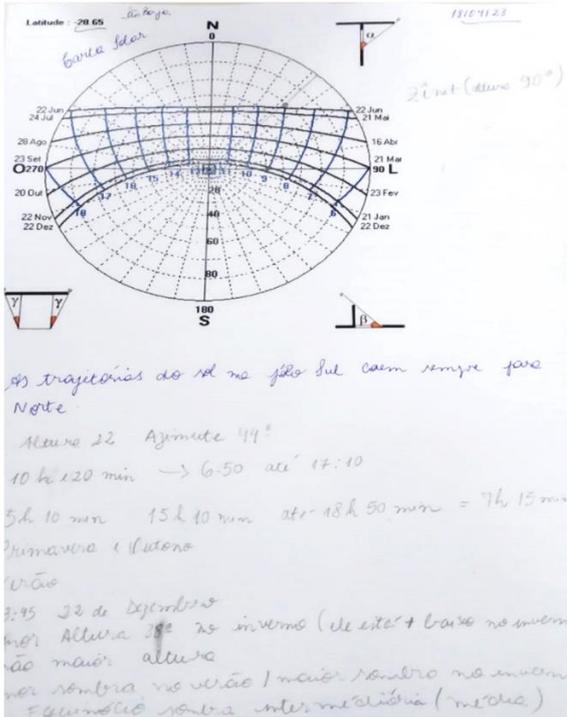
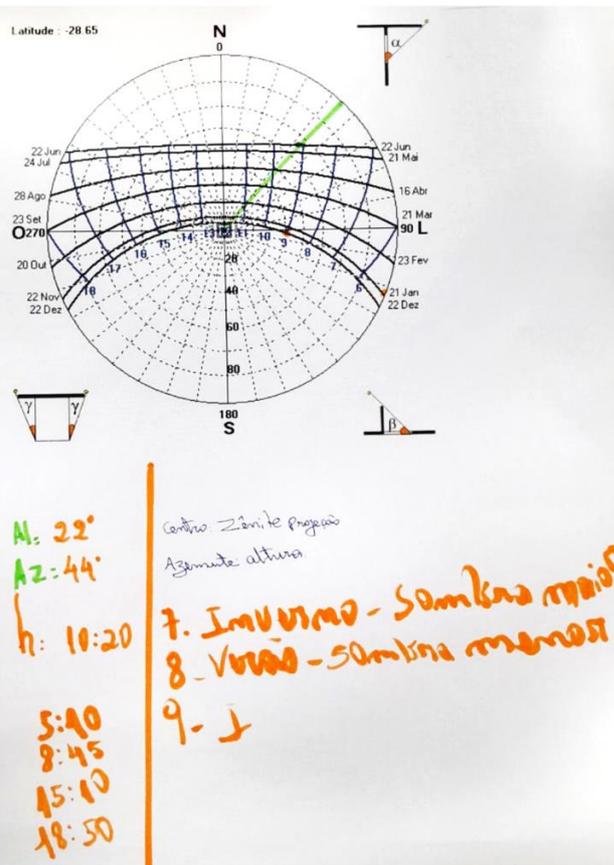
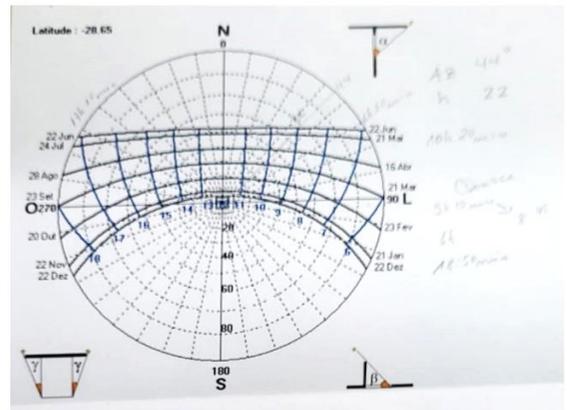
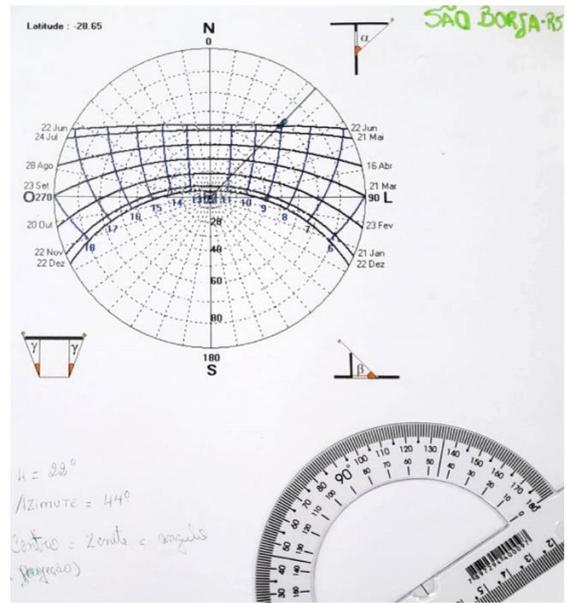
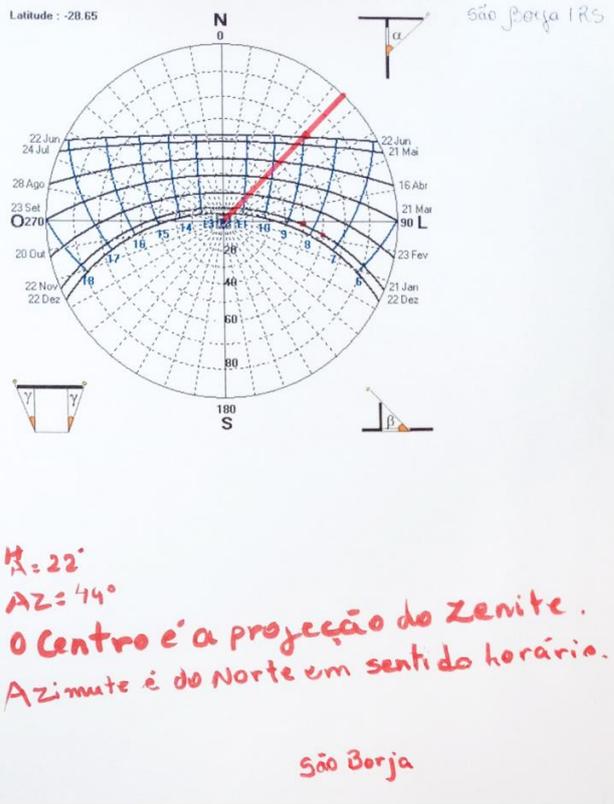
Após trabalharem com os exemplos das marcações na carta solar de Uruguaiiana-RS, os cursistas foram convidados a realizarem algumas marcações na carta solar de São Borja-RS ($\Phi = \sim -28,6^\circ$). Cada cursista recebeu impressa uma carta solar para realizar as marcações sugeridas:

- 1) Considerando o solstício de inverno no Hemisfério Sul, quais são as medidas de **altura** e **azimute** solar para a cidade de São Borja às **09h00min** da manhã?
- 2) Considerando o solstício de inverno em São Borja, calcule o **tempo de insolação** aproximado da fachada (ou janela) norte.
- 3) Considerando o dia 21 de janeiro em São Borja, estime o **tempo de insolação** aproximado para a janela Sul.
- 4) Identifique em qual das estações a **fachada norte recebe maior insolação** em São Borja.
- 5) Identifique em qual das estações a **fachada sul recebe maior insolação** em São Borja.
- 6) Considerando a carta solar de São Borja, **qual dia do ano tem maior insolação?** Calcule o valor aproximado da duração do “dia claro”.
- 7) Considerando a carta solar de São Borja, **ao meio-dia solar**, em qual estação do ano o sol atinge a sua **menor altura?** Diga qual é o valor aproximado.
- 8) Considerando a carta solar de São Borja, **ao meio-dia solar**, em qual estação do ano o sol atinge a sua **maior altura?** Diga qual é o valor aproximado.
- 9) Em relação à altura do sol, ao meio-dia solar, em 7) e 8), em qual das alturas a **sombra é menor?** O que isso significa?

Além das marcações na carta solar de São Borja–RS, os cursistas aprenderam a fazer previsões a respeito do tempo de insolação para as diferentes fachadas (norte, sul, leste, oeste). Descobriram e calcularam o dia do ano com a menor e a maior insolação. Identificaram a época do ano, ao meio-dia solar, quando o sol atinge a menor e a maior altura. Por fim, interpretaram o significado desses fenômenos.

Assim, algumas dessas marcações são apresentadas (Figura 52):

Figura 52 - Fotografia das cartas solares dos cursistas e suas respectivas marcações



Fonte: autoria própria (2023).

6.4.9 Encontro 10: Na sala de aula escurecida para simulação das estações do ano e do ciclo dia/noite

Nesta última atividade, os cursistas aprenderam sobre as estações do ano e o sobre o ciclo dia/noite, a partir de uma visão heliocêntrica do sistema Sol-Terra. O encontro foi realizado na parte da noite, pois, para realizarmos essa simulação, era importante que a sala de aula fosse totalmente escurecida.

Inicialmente, o pesquisador comentou sobre as estações do ano, apresentando a Figura 6 e chamando a atenção dos cursistas para a simulação que iriam realizar. Conforme mencionado anteriormente, a imagem representa a órbita da terra ao longo do ano, fazendo destaque para os equinócios (B e D) e solstícios (A e C). A Terra é representada por um globo escolar (de 30 cm de diâmetro), um modelo concreto de planeta Terra e o Sol por uma lâmpada de retroprojektor. As classes, todas de mesma altura, foram substituídas por uma única grande mesa que havia no ambiente da simulação.

Na atividade os cursistas aprenderam a simular os movimentos de rotação e translação da Terra (globo) em torno do Sol (lâmpada), sempre tomando cuidado para não inverter a posição do eixo de rotação da Terra, que aponta sempre para um mesmo lugar do espaço (ao menos considerando o tempo de uma vida humana)⁹. Aprenderam a visualizar e a posicionar o globo no solstício de verão no Hemisfério Sul (HS), que é o momento em que a Terra recebe maior insolação sobre o HS (Figura 53). Aprenderam também a visualizar o solstício de inverno, que é quando a Terra recebe, por outro lado, a menor insolação sobre o HS (Figura 54). Por fim, aprenderam a visualizar e a posicionar o globo nos equinócios de outono e primavera, momento em que a Terra fica com ambos os hemisférios igualmente ensolarados.

⁹Entretanto, conforme sabemos, o eixo sofre, sim, um movimento chamado de precessão, o qual acaba levando cerca de 26.000 anos para uma volta completa.

Figura 53 - Fotografia da simulação do solstício de verão no Hemisfério Sul, utilizando um globo e um retroprojektor em sala escura

Figura 54 - Fotografia da simulação do solstício de inverno no Hemisfério Sul, utilizando globo e retroprojektor em sala escura



Fonte: Acervo próprio (18/04/2023).

O curso teve seu encerramento com a simulação do ciclo dia/noite (Figura 55). Novamente, na sala de aula escurecida, com auxílio do retroprojektor, do globo e de um canudo de refrigerante, os cursistas aprenderam a visualizar a movimentação da sombra solar em gnômon (canudo de refrigerante) fixado ao globo. Assim, compreenderam que o movimento diário do Sol no céu é um reflexo do movimento de rotação da terra, o principal responsável pelo ciclo dia/noite.

Essa simulação não foi apenas importante no sentido de trazer uma compreensão sobre o movimento de rotação da Terra, mas também por ter oportunizado a visualização desse movimento. Não vemos o movimento de rotação da Terra, nem sequer o sentimos, porém, podemos simulá-lo com auxílio de um modelo didático. Assim, enquanto o globo é rotacionado e o diurno vai passando, a sombra do gnômon a ele afixado acaba modificando o seu tamanho e a sua trajetória, tal como observamos em nosso cotidiano. Nesse sentido, foi possível também simularmos o nascer e o pôr do sol, o meio-dia solar e compararmos o tamanho da sombra ao meio-dia solar nos solstícios e equinócios (conforme figura 55).

Figura 55 - Fotografias da simulação do ciclo dia/noite na sala escurecida



Fonte: Acervo próprio (18/04/2023).

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Realizado o desenvolvimento das sequências didáticas com os cursistas, aplicamos uma entrevista semiestruturada contendo perguntas relacionadas à temática astronômica trabalhada nas atividades, que, de modo individual, foi respondida via agendamento prévio, conforme a disponibilidade de cada professor, em sua própria escola (Figura 56). Dentre as escolas participantes, duas delas são Escolas do Campo. Entre os cursistas: cinco eram mulheres e três homens.

Este foi um momento importante para investigarmos as concepções dos professores, após as atividades, a fim de percebermos a viabilidade do uso de modelos em sala de aula. Além disso, também foi um momento importante para descobrirmos o que ficou e o que mudou para eles em termos de conhecimento.

Figura 56 - Fotografias dos cursistas durante a entrevista na Escola



Fonte: Acervo próprio (24/04 a 05/05 de 2023).

7.1 Sobre o aprendizado do Movimento Diário do Sol (MDS)

A respeito do movimento diário do Sol (MDS), sete cursistas relataram ter aprendido sobre a temática astronômica e, apenas um cursista (C3) parece ter ficado ainda com algumas dúvidas, pois, segundo ele, existiam ainda algumas coisas que não ficaram “bem claras”. Entre os aprendizes, separamos o relato de quatro deles (C1, C4, C5 e C8), de onde se pode inferir que o que mais lhes chamou a atenção foi saber sobre a existência dessa variação da posição do nascimento e ocaso solar ao longo do ano. Algo que era fixo para eles, conforme aprenderam com o livro didático. Assim, nessa temática do MDS aprenderam também sobre as estações do ano; equinócios e solstícios; ciclo dia/noite; horas solares, etc. É interessante notar, conforme os relatos dos cursistas, reproduzidos a seguir, que os modelos concretos e virtuais foram de fato fundamentais para auxiliar nesse aprendizado:

*Aprendi sobre os períodos de troca; sobre o tempo de exposição solar; sobre as horas solares e sobre os solstícios e os equinócios. Agora ficou bem mais nítido de entender as diferenças né, do porquê que acontece essa transição né, clareou bastante sobre isso. Eu até já tinha ouvido falar nesse fenômeno, mas agora eu consigo entender e até fazer uma explicação sobre ele. Agora, se eu for questionado pelos alunos, eu tenho essa capacidade de entender e de compreender como funciona. E com o **modelo concreto isso é bem mais prático, mais didático de esclarecer, de ilustrar e até de recordar os períodos, as distâncias, as horas solares, o funcionamento todo.** (C1) (Grifo do autor).*

*Eu tinha apenas conhecimento, digamos assim, da experiência visual do movimento do sol. Além de termos a questão dos pontos cardeais que a gente aprende já desde sempre na escola com o **livro didático**. Mas o movimento do sol e a posição durante o dia e nas estações do ano eu tinha apenas o conhecimento visual e não teórico. E agora eu tenho o conhecimento teórico e a possibilidade de comprovação tanto nos **modelos materiais como nos modelos digitais** e também na **carta solar**. Ali, essas três comprovações (modelos) me fizeram compreender de forma teórica e comprovada aquilo que eu só visualizava. Algo que eu apenas dizia assim: bom, agora está mudando a estação porque o sol tá mais na lateral. Mas eu não tinha essa possibilidade de verificar que tem um padrão, que acontece anualmente e que eles (os modelos didáticos) têm uma comprovação pelo modelo da NOAA. (C4) (Grifo do autor).*

*Aprendi tudo novo, na verdade. A gente conhece mais as teorias do **livro didático** que a gente estuda. O que está lá escrito é o que a gente pega como base, mas aquelas explicações que o senhor deu nas aulas, **com o modelo**, a gente aprende melhor, a partir do **modelo concreto**. Às vezes o que está ali no **livro didático** a gente pega como verdade, certas coisas que depois, na prática, e sobre outros pontos de vista, a gente vê que não era. (C5) (Grifo do autor).*

*Hoje eu sei que o sol **não nasce totalmente no ponto cardeal leste** né, todos os dias do ano. A gente sempre tem aquela ideia e também ensinava dessa forma de que o Sol nasce no leste pelo que a gente viu, né, nos estudos durante a vida escolar, né, **através do livro didático**. A partir do curso a gente pode verificar na prática que não é bem assim, que as direções não são exatas, que o Sol não nasce no leste todos os dias do ano, que nós temos uma variação de direção, que é exatamente no leste apenas nos equinócios, né! (C8) (Grifo do autor).*

*Eu acho que sim! Sempre a gente aprende alguma coisa e eu gostei muito dessa formação porque a gente viu bastantes pontos que nós só trabalhávamos nos **livros didáticos e eu não havia ainda conseguido pegar certo como era**. E eu aprendi sim e claro que vai de eu começar agora a praticar para ver algumas coisas que não ficaram bem claras. (C3) (Grifo do autor).*

Analisando as falas dos cursistas (C1, C3, C4, C5 e C8) parece evidente que a abordagem tradicional de ensino sobre o movimento diário do Sol (MDS), baseada principalmente em informações estáticas dos livros didáticos, deixava lacunas na compreensão desse fenômeno astronômico.

Os relatos indicam que a introdução de modelos concretos e virtuais foi fundamental para auxiliar no aprendizado da temática, sendo possível inferir que a utilização desses modelos didáticos proporcionou uma nova compreensão sobre o fenômeno astronômico, permitindo aos cursistas compreender não apenas visualmente, mas também teoricamente, certos padrões associados a esse movimento. Isso os permitiu explicar e compreender o MDS de forma mais abrangente, possibilitando inclusive a capacidade de, quando necessário, responder a questionamentos dos alunos de maneira mais fundamentada.

Além disso, as narrativas evidenciam a necessidade de ir além do conteúdo presente nos livros didáticos, buscando a compreensão por meio de modelos e de atividades práticas. Assim, os cursistas ressaltaram que, embora tenham aprendido teorias por meio dos livros didáticos, a compreensão se tornou mais efetiva a partir das explicações e demonstrações realizadas durante o curso, o que os levou a questionar e reavaliar suas concepções prévias que antes eram consideradas como verdades absolutas.

Portanto, parece-nos que a inclusão de modelos concretos e virtuais foi fundamental para aprofundar o entendimento dos cursistas sobre o MDS, proporcionando uma compreensão mais ampla e crítica desse fenômeno astronômico. A abordagem prática e teórica, aliada à possibilidade de comprovação

por meio desses modelos, contribuiu significativamente para a construção do conhecimento e para a superação de dúvidas em relação a essa temática.

7.2 Sobre o aprendizado dos quatro pontos cardeais

Com relação à determinação dos quatro pontos cardeais, oito cursistas relataram terem aprendido através dos dois métodos ensinados: o método das sombras iguais e o método do Cruzeiro do Sul. Dentre esses, cinco relataram que ensinavam essa temática na escola a partir do livro didático, por meio daquele esquema clássico de apontar com os braços nas direções dos quatro pontos cardeais, com o braço direito apontando para o ponto cardinal leste, onde o Sol nasce diariamente (C1, C3, C4, C5 e C6), e; um dos cursistas comentou que com o modelo concreto é possível visualizar que o Sol não nasce sempre no ponto cardinal leste (C1).

*Aprendi que há essa oscilação, né, do ponto exato do nascer do sol, conforme a estação do ano. A representação que a gente tinha é aquela de que **o sol nasce sempre no mesmo local, sempre no ponto cardinal leste, conforme aprendemos no livro didático. Aquele modelo concreto que a gente tem ali mostra que não é sempre no leste.** E a gente pode fazer também aquela aula prática do gnômon, olhar aquela marcação e perceber essa oscilação no nascer do Sol, é bem interessante isso. Sabe, antes o meu conhecimento sobre esse assunto **vinha dos livros didáticos, daquele esqueminha, bota o braço direito para um lado, o braço esquerdo para o outro, na frente o norte, nas costas o Sul.** Eu usava apenas esse padrão aí. Agora com essa forma prática eu consegui aprender um pouco mais. E é bom a gente saber um pouco mais né, até para não acabar explicando errado, ensinando errado para os nossos alunos, acho que a gente tem que saber um pouco mais para passar para o aluno, para poder adaptar o conteúdo para ele, simplificar o conteúdo para ele. Desse jeito que aprendi, acho que meus alunos vão gostar muito. (C1) (Grifo do autor).*

*Bem, os pontos cardeais eu gostei muito da atividade das sombras do gnômon e também do Cruzeiro do Sul. Com os alunos a gente já trabalha bastante esse conteúdo em sala de aula. Eu os levava para o pátio, mostrava de diferentes ângulos o norte, o sul, o leste, o oeste. **Mostrava o leste: tu colocas tua mão direita né e no outro lado é oeste, conseqüentemente a frente é o norte e atrás é o sul** e daí fazia bastante. Depois fazia eles virarem do outro lado para também mostrar onde é que estávamos. Então, **a gente vem trabalhando a partir do livro didático, mas não com as sombras.** Com as sombras eu achei bem interessante nós começarmos a trabalhar. Mas eu também gostaria de fazer um encontro à*

noite, né, para ver o Cruzeiro do Sul. O problema é que a escola não tem noturno, então já fica um pouquinho mais difícil, né. (C3) (Grifo do autor).

*Sim. A questão dos pontos cardeais com relação à localização noturna pelo Cruzeiro do Sul e também pelo Sol, pelo método do gnômon, das sombras iguais, me ajudou a compreender melhor os pontos cardeais. Os pontos cardeais eu trabalho em sala de aula e procuro sempre trabalhar em relação ao sol, simplificado para o 6º ano. Agora eu já vejo que eu tenho outros métodos para trabalhar com eles também, de uma maneira melhor, pois já que nós somos uma escola do campo (rural) é importante que eles saibam se localizar em lugares que não existem ruas, estradas. Por exemplo, se o aluno está na casa de uma pessoa à noite e ele vai atravessar um campo, é necessário que ele saiba a localização dos pontos cardeais, seja pelo Cruzeiro do Sul à noite, seja pelo Sol de dia. Então, é muito importante para mim esses novos conhecimentos, essa união de diferentes métodos para nos localizarmos pelos pontos cardeais. Quando eu trabalho os pontos cardeais eu utilizo o corpo humano. **A gente vai para o sol, no meio da quadra e fazemos aquela prática do livro didático.** Eu faço assim: pessoal, aonde nasce o sol? **Vamos virar para frente para o lado onde nasce o sol, esse lado se chama leste.** Então, onde o sol se põe? Esse lado se chama oeste... então utilizava mais o corpo para fazer essas localizações. Ah! Eu também utilizo um mapa. Eu coloco o mapa no chão para nós termos uma melhor comprovação de pontos cardeais e de localização. Porque a localização pelo mapa no quadro não nos dá uma real dimensão dos lugares no mundo, pois está na vertical. (C4) (Grifo do autor).*

*Também, tudo novo também. Ficou mais fácil até né. Eu nunca trabalhei com os alunos, mas **eu aprendi na escola, com o livro didático, daquela maneira mãozinha para cá, mãozinha para lá.** Foi só assim apenas. E do jeito que o senhor ensinou ficou muito mais fácil, através daqueles métodos de dia e de noite, nossa, muito fácil de entender. (C5) (Grifo do autor).*

*Aprendi, sim. Na aula prática que tivemos para a localização do Cruzeiro do Sul, no céu e identificando como encontrar o ponto cardinal sul, a partir dele. Essa foi para mim uma das aulas mais interessantes, usando a caneta laser né. Claro, primeiro teve a aula teórica que eu lembro, do Cruzeiro do Sul e daí depois nós fomos lá para o pátio da escola para fazer a localização. Essa atividade eu nunca havia feito na escola. **Somente fazia dentro da sala de aula mesmo, com os alunos, mas uma coisa bem básica assim, usando o livro didático.** Essa forma que tu nos ensinou é bem melhor e bem mais prática de fazer, eles entenderiam bem mais rápido, entenderiam mais. (C6) (Grifo do autor).*

Analisando as falas dos cursistas (C1, C3, C4, C5 e C6), é evidente que a abordagem tradicional de ensino dos pontos cardeais, comumente baseada apenas no livro didático (como o esquema clássico de apontar com os braços nas direções dos quatro pontos cardeais), tem limitações em proporcionar uma compreensão mais ampla dessa temática. Conforme já nos apontou o estudo de Paula e Oliveira

(online, 2002), a mais de 40 anos as imagens dos livros didáticos aparecem como o principal material de ensino da temática dos 4 pontos cardeais na Escola.

Os relatos indicam que o uso de métodos práticos, como o da sombra do gnômon e a observação do Cruzeiro do Sul, proporcionou aos cursistas uma compreensão mais aprofundada e dinâmica dos 4 pontos cardeais, permitindo-lhes perceber a variação da localização do nascimento e ocaso do Sol, conforme as estações do ano. Além disso, a importância de adaptar o conteúdo para os alunos de modo a torná-lo mais simples foi destacada por um dos cursistas (C1).

A necessidade de explorar métodos alternativos para o ensino da temática dos pontos cardeais, considerando o contexto rural e a importância da orientação espacial em ambientes sem referências urbanas, foi ressaltada por outro cursista (C4). A utilização do corpo humano e de mapas, juntamente com a compreensão dos métodos práticos, foi apontada como uma abordagem mais eficaz para o ensino.

Além disso, os relatos dos cursistas demonstram que a introdução de novas abordagens práticas despertou o interesse e facilitou a compreensão dos pontos cardeais, tanto para eles mesmos quanto para a possibilidade futura de ensinar essa temática de forma mais eficaz aos alunos.

Dessa forma, acreditamos que a inclusão de métodos práticos, aliados à adaptação da temática para o contexto dos alunos, pode enriquecer o processo de ensino-aprendizagem dos pontos cardeais, proporcionando uma compreensão mais significativa e aplicável desse conhecimento na Escola.

7.3 Sobre o aprendizado do nascimento e ocaso solar

Quanto ao nascimento e ocaso solar, sete cursistas comentaram ter aprendido sobre esse fenômeno, e um cursista parece ter apenas memorizado algumas das informações sobre ele. Conforme recolhemos nos relatos, ao menos cinco cursistas (C1, C2, C4, C5 e C6) aprenderam sobre a temática do nascimento e pôr solar com auxílio dos modelos, concretos e virtuais, utilizados no decorrer do curso. Apenas um cursista (C3) relatou um pouco de insegurança para relatar sobre o seu aprendizado, reconhecendo ter sido prejudicado em sua aprendizagem devido a não ter participado da construção do modelo concreto.

*Eu já tinha um pouco essa compreensão do nascimento e do pôr do sol, mas sobre os diferentes horários, sobre ele nascer mais cedo e se por mais tarde, sobre as mudanças de horários, agora tem aqui essa graduação né, a gente observa aqui no **modelo prático**, né, no **modelo concreto**, né, e aí fica mais fácil entender o foto periodismo aqui da incidência solar. E até o porquê também, né, se eu aumento o arco (regulo o modelo) ou diminuo o arco solar, esse horário que ele vai registrando, conforme o dia vai ficando maior, o dia vai ficando menor, assim conforme o lugar e a época do ano a gente consegue ver essa questão, visualizar melhor esse fenômeno. (C1) (Grifo do autor).*

*Sim, aprendi. Eu não sabia que ele não nascia sempre no leste, que são apenas dois dias, nos equinócios, né! E também, durante o verão nós temos aqui no **modelo** [concreto] uma trajetória mais longa, por isso a duração do dia é maior que no inverno, né. E, existem diferentes horários do nascimento, né. No verão o sol nasce mais cedo e se põe mais tarde. No inverno ele nasce mais tarde e se põe mais cedo. Como a gente viu né, que devido à latitude do município de 28,6° nós temos uma incidência de sol no verão. Pelo que a gente calculou no **modelo concreto e no do virtual do Geogebra e no da NOAA**, que comparamos né, eles chegam, o modelo concreto e o virtual, eles chegam praticamente a ser idêntico nas medidas né, muito próximos daquela medida precisa do modelo da NOAA né. Então mostra que esse material concreto que foi confeccionado **é eficaz, é eficiente e, faz com que seja bem prático**, uma atividade, digamos assim, mais lúdica, né, mas faz com que tenhamos acesso aos dados bem precisos com a realidade, com o nosso dia a dia né. Ficou bem legal essa parte aí. Eu até me lembro, me lembro até dos valores do dia no verão ali, em São Borja né, latitude de 28,6° que chegou a 13,44 horas no material concreto. No Geogebra chegou a 13,43 e se eu não estou enganado pelo NOAA 13,28... 13,36 não me recordo bem o dado, mas a diferença foi de 8 minutos, então foi uma diferença mínima, né. Para ti ver que pelo material concreto proposto, confeccionado, dá conta do fenômeno, ajuda no entendimento da realidade. O do Geogebra é muito parecido com os dados do concreto né, muito legal, muito aproximado. Eu acredito que como professor e como aluno que o material concreto, o visual trabalhado, com o aluno ele é, ele chama mais a atenção e ele faz com que a gente memorize melhor. No meu ponto de vista, no meu entendimento, o visual que tu propões ao aluno ele chama mais a atenção, ele faz com que... ele auxilia mais na aprendizagem. O aluno confeccionando e manipulando o material visual, ele faz com que fique na memória da gente. Ele chama mais a atenção, ele motiva mais, ele ajuda na cognição em todos os sentidos. (C2) (Grifo do autor).*

*Sim. A questão do [modelo] **NOAA** que é uma comprovação matematicamente mais exata do que eu só ouvia dizer né: no inverno o sol está um pouquinho mais para o lado. Eu não sabia exatamente para que lado e nem o porquê. Agora com o **modelo do MDS** [com o modelo concreto], com as linhas das trajetórias colocadas corretamente aqui, eu tenho uma noção mais técnica e mais exata daquilo que eu só poderia ver e imaginar. Eu não tinha um conhecimento. Eu tinha uma visualização e imaginação do porquê, mas eu não tinha conhecimento dessa técnica. Eu tinha aquele conhecimento decorado dos equinócios, dos solstícios, mas eu não entendia essa separação e olhando aqui agora no modelo eu posso entender muito melhor. No inverno aqui dá para ver que o sol fica menos tempo acima do horizonte, dá para ver que ele não nasce no ponto cardeal leste. Isso eu não sabia, eu achava que ele nascia sempre no leste, e pela visualização eu achava que o leste mudava de posição, achava que o leste se movimentava e eu não entendia isso. Como professora eu tinha esse desconhecimento. Mas agora ficou muito mais simples de ver que o leste está aqui (manipulando o modelo concreto) e no inverno ele está nascendo*

mais distante do ponto cardeal leste, está ao norte do leste. E no verão aqui ele tá mais ao sul do leste e fica bem mais tempo acima do horizonte. Então essa visualização aqui (com o modelo) me ajudou a ter uma compreensão mais exata. Isso aqui me ajudou muito e até para transmitir o conhecimento, pois a gente acaba muitas vezes tendo uma compreensão errada das coisas e transmitindo conhecimentos incorretos por se basear apenas no livro didático. (C4) (Grifo do autor).

*Eu aprendi na escola que o Sol nascia sempre no leste. Agora eu vi que não é sempre, é apenas em dois dias do ano, em 21 de março e 21 de setembro, aproximadamente, né! Então, todas essas coisas com o curso e com o **modelo** (manipulava o modelo) a gente consegue ver que tem essa mudança da posição do nascimento do sol durante o ano. É que **com o modelo tudo fica mais fácil**. A pessoa vai pegando ele e manipulando e vai desvendando tudo. (C5) (Grifo do autor).*

*Aprendi com auxílio desses **modelos** que a gente usou, que na entrada do verão o Sol nasce mais ao sul do leste e na entrada do inverno mais ao norte do leste. E sobre os equinócios de 21 de março de 21 de setembro, aproximadamente né, que são os dois únicos dias do ano que o Sol realmente nasce no ponto cardeal leste, né, isso aí foi uma grande novidade para mim. Porque como sempre nos foi ensinado e nós sempre ensinamos para os nossos alunos que ele sempre nasce no leste, no ponto cardeal leste e não é, na verdade, somente nos equinócios, na entrada do outono e da primavera, né. (C6) (Grifo do autor).*

*Quanto essa questão do pôr do sol né, claro que a gente sabia né que o sol nasce, o sol se põe, mas ainda eu preciso olhar alguma coisa a mais sobre isso, pois não tá assim bem claro para mim, mas claro a gente sabe que é sobre o equinócio, o solstício, mas ainda vou ter que dar uma olhadinha mais, pois eu **acabei faltando a dois encontros né, e não fiz a construção do modelo**, né, acho que fiquei prejudicada nessa parte, né. Eu teria que dar alguma estudada ainda, mas eu entendi que ele nasce no leste e se põe no oeste só nos equinócios, né. (C3) (Grifo do autor).*

A partir dos relatos podemos tirar algumas conclusões sobre o aprendizado dos cursistas na temática do nascimento e ocaso solar. Parece-nos que a utilização dos modelos concretos e virtuais durante o curso foi fundamental para o aprendizado de pelo menos cinco cursistas (C1, C2, C4, C5 e C6), os quais relataram ter adquirido um entendimento mais profundo sobre o fenômeno. Eles mencionaram que a manipulação e observação desses modelos facilitaram a compreensão do foto período e das mudanças na posição do sol ao longo do ano.

Por outro lado, um cursista (C3) expressou insegurança em relação ao seu aprendizado, reconhecendo que a falta de participação na construção do modelo concreto prejudicou sua compreensão. Ele destacou a necessidade de estudar mais sobre o assunto, indicando que a ausência nos encontros e a não participação na atividade prática impactaram negativamente sua aprendizagem.

Além disso, alguns cursistas mencionaram que o uso de modelos concretos proporcionou uma compreensão mais técnica e precisa do fenômeno, superando

conhecimentos prévios. Eles ressaltaram a importância do material concreto na visualização e compreensão da temática, destacando a eficácia e a proximidade dos dados obtidos por meio dos modelos.

Portanto, a análise dos relatos dos cursistas sugere que a utilização de modelos concretos e virtuais foi fundamental para o aprendizado do nascimento e ocaso solar, enquanto a falta de participação nessas atividades práticas pode ter impactado negativamente o entendimento de alguns deles.

7.4 Sobre o aprendizado do ciclo dia/noite

No tocante ao ciclo dia/noite, todos os cursistas (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8) relataram que aprenderam sobre esse fenômeno. Alguns relataram que já haviam aprendido sobre essa temática baseado no livro didático, porém, não haviam conseguido compreender muito bem com este material. Foi a partir das atividades com o globo e retroprojeter na sala escura que eles conseguiram visualizar melhor esse ciclo.

*Sim, devido ao movimento **de rotação**. E a luz incide apenas sobre uma face, né, então vamos ter uma face clara e uma face escura da Terra, né, do planeta, do globo. (C1) (Grifo do autor).*

É, deu para perceber pelo gnômon ali, né, que o gnômon fixado no globo ali seria o mesmo que o gnômon fixado no chão, né, naquela atividade feita no campo, né. E foi bem interessante, pois deu para visualizar, né, que não é o sol que tá se movimentando e sim a Terra né, que tá rotacionando, e a gente vê as construções, prédios, árvores, da incidência do sol em um turno a sombra é maior, né, e próximo ao meio-dia ela diminui, né. Claro que no verão, devido a nossa latitude, né, próximo ao meio-dia a sombra é quase zero, né, ela quase some, né, já no inverno ela é um pouquinho maior, né, é diferente. No verão aqui em São Borja o sol se aproxima bem do, do zênite, né, mas não atinge né, ele chega bem próximo, mas tem uma sombra mínima né, mas ela não some, né. (C2) (Grifo do autor).

*Sim! Esse assunto foi o que olhamos lá naquela atividade das estações do ano. Isso a gente já sabia pelo livro didático, né. Então, estava bem claro para mim já o que é o dia e a noite, o que causa o dia e a noite, que é o sol iluminando uma parte do nosso planeta, que é devido o movimento, né, o **movimento de rotação** da Terra que faz o sol cruzar no céu. Isso eu já tinha bem uma noção, mas com essa prática ficou muito mais fácil de entender, de visualizar e o interessante é que a gente conseguiu compreender melhor do que apenas com o livro didático, que não é fácil de entender bem. E esse é um tipo de atividade que nós temos que começar a trabalhar com os alunos, a ajudá-los a pensar diferente, a fazer diferente, a*

visualizar diferente. E essa formação foi muito generosa para nós, professores de sala de aula. (C3) (Grifo do autor).

O dia e a noite estão ligados à **rotação** da Terra e as estações do ano ao de translação, isso eu já sabia, né. Então, aquela experiência na sala escura, que a gente vai movimentando o globo, deu para ver bem essa questão do movimento aparente e do motivo do dia e da noite. (C4) (Grifo do autor).

Sim! Tudo novo, na verdade. É outro olhar a partir do curso. O modelo, tudo, tudo novo. Imagina, tu sai da teoria e a gente não dá uma parada para pensar. Tu tens a teoria, tu tens a tua vivência do dia-a-dia e aí chega um curso que te dá outro olhar agora. O dia e a noite nunca mais será o mesmo, sabe. Aquela experiência com o globo e com a lâmpada ou com o celular, nossa, muito bom da gente entender o fenômeno da causa do dia e da noite que é a, que é a, que é a **rotação** da terra. E essa tua aula eu me lembro na escola que a professora fez essa questão para explicar o dia e a noite. E quando tu trouxe esse método eu consegui compreender melhor que é a **rotação** da Terra que gera o dia e a noite e isso ela não falou na escola. E a gente tem uma noção errada de que é o sol que tá se movimentando no céu e não a Terra. E não é, é o contrário, o movimento do Sol é um reflexo da **rotação** da Terra. Que medo! [risos]. Mas não é fácil entender isso né, não é natural. A visão que a gente tem é outra. (C5) (Grifo do autor).

Aprendi sobre a duração de horas do dia e da noite nas diferentes estações do ano. Claro que eu tinha uma noção, né, que no verão é mais longo o dia, né, no inverno é mais curto, mas de acordo com as aulas ali, com o modelo [concreto] também deu pra perceber que tem grande diferença né. Ah, e de acordo com o plano do horizonte também, que deu para perceber isso daí. E também fazendo o cálculo com as cartas solares, também ajudou a calcular, tipo, quanto a duração do dia ali no verão, no inverno, quais são mais longos, os mais curtos né, através daquele cálculo ali na carta. E com o modelinho também, claro, pois nós usamos as cartas solares, mas a gente se baseava no modelo, né. Eu lembro bem aquele dia que a gente usava o modelo para entender a carta solar. Eu achei a carta mais difícil de entender do que o modelo, para os alunos acho que o modelo é mais fácil. Ah, entendi também que a causa do dia e da noite se deve à **rotação** da Terra, né. Eu até ensinava os meus alunos sobre esse movimento e tal, mas com aquela visualização na sala escura, nossa, dá para perceber muito melhor do que só usando o livro didático. Eu imagino fazer essa prática com os alunos, nossa, eles vão entender muito melhor, pois eles vão perceber o [gnômon] canudinho ali e a **rotação** modificando a sombra, vai ser maravilhoso. (C6) (Grifo do autor).

Agora tu me pegou. Deixa-me pensar... ah! Tá relacionado ao movimento de **rotação**, é devido à **rotação** do planeta que a gente tem o dia e a noite e as estações do ano tá relacionada a inclinação do planeta. Isso eu já tinha uma ideia, mas agora com as atividades clareou mais assim sabe. Eu acho que com o modelo assim prático a gente visualiza melhor e sedimenta o conhecimento né. O modelo sem dúvida ajudou mais na compreensão. Tu fica com o conhecimento sedimentado né, tu pode até esquecer da teoria. (C7) (Grifo do autor).

*Sim, a gente teve uma prática nesse sentido né. Sobre a questão que a gente... do movimento de **rotação** da Terra, né! É que também você explica de uma forma muito simples, né... na real a gente tem uma impressão de que é o Sol que se movimenta e não a Terra né... E, na verdade, não é, é o contrário, é o movimento da Terra que faz a questão do dia e da noite. Aquela atividade na sala escura foi perfeita para perceber isso e eu até inclusive estou querendo fazer ela em uma feira de ciências aqui da escola, e temos aqui uma sala escura e vou tentar reproduzir para que os alunos vejam que é a Terra, o movimento de **rotação** dela que faz o dia e a noite. (C8) (Grifo do autor).*

A partir dos relatos sobre o aprendizado do ciclo dia/noite, podemos chegar a algumas conclusões. Os cursistas demonstraram que, através das atividades com o globo e retroprojeter na sala escura, conseguiram visualizar e compreender melhor o fenômeno do ciclo dia/noite. Alguns deles já tinham conhecimento teórico sobre o assunto por meio do livro didático, porém, a prática com esses modelos proporcionou uma melhor compreensão sobre temática astronômica.

Além disso, os relatos evidenciam que a visualização do fenômeno contribuiu significativamente para a compreensão do movimento de rotação da Terra e suas consequências, como a ocorrência do dia e da noite, bem como as variações nas estações do ano. Os cursistas destacaram ainda a importância da prática para a compreensão mais efetiva em comparação com o ensino teórico, ressaltando a relevância de atividades práticas para auxiliar os alunos a pensar de forma diferente e a compreender melhor os conceitos.

Ademais, a experiência proporcionou uma mudança de perspectiva em relação ao fenômeno do ciclo dia/noite, levando os cursistas a repensar e aprimorar suas concepções prévias, demonstrando a importância de abordagens práticas e inovadoras no ensino dessa temática. Os relatos também apontam para a intenção dos cursistas em aplicar essas atividades com seus alunos, mostrando o potencial dessas práticas contribuírem com o saber ensinado na Escola.

7.5 Sobre o aprendizado das estações do ano

Acerca das estações do ano, todos os cursistas (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8) declararam que aprenderam sobre a principal causa desse fenômeno, a inclinação do eixo da Terra. Dentre os aprendizes, quatro deles (C4, C5, C6, C8) afirmaram que acreditavam que a principal causa era a distância entre o Sol e a

Terra, conforme aprenderam com as imagens dos livros didáticos. E sete deles (C1, C3, C4, C5, C6, C7 e C8) declaram ainda que os modelos utilizados na atividade foram fundamentais para o seu aprendizado.

*Eu tinha uma certa ideia do ciclo anual né, das estações do ano, pela quantidade de energia chegada no planeta, pelas próprias plantas né, que se ativam e desativam algumas funções conforme as horas de sol que elas recebem no dia. Mas a causa acho que foi mais evidenciada assim no curso pelo ângulo de **inclinação do planeta, do seu eixo, do eixo da Terra**, é o que vai dar toda essa diferença; pois devido essa inclinação do eixo em relação à perpendicular determinados momentos um hemisfério recebe mais sol do que o outro, é assim né: quando o hemisfério sul recebe mais insolação é verão no hemisfério sul e inverno no norte e assim o contrário né: quando recebe mais no hemisfério norte é verão no norte e inverno no Sul. E esse ângulo de inclinação, desse eixo, ele vai acabar mudando o ângulo de incidência e refração das ondas solares, e aí muda toda a absorção do **Globo**, né. (C1) (Grifo do autor).*

*É, essa das estações do ano, a gente acaba esquecendo às vezes as datas né. Mas, eu aprendi que é devido a essa **inclinação do eixo**, no caso, esses fenômenos das estações do ano, devido à inclinação do hemisfério norte e sul para o Sol, em determinados momentos. (C2) (Grifo do autor).*

*Deixa-me ver, sobre as estações do ano... Eu gostei também dessa explicação aí, dessa parte aí que a gente demonstrou com o **globo** e com a luz lá né, que foi girando e foi acontecendo isso aí né. A causa principal é a **inclinação do eixo**, né, é por causa dessa inclinação que faz com que nós tenhamos um hemisfério mais iluminado que o outro em determinadas épocas do ano, no verão e no inverno, por exemplo, isso é bem melhor de ser observado, bem claro de ver com o modelo e isso vai auxiliar a gente, com certeza. (C3) (Grifo do autor).*

*Então, eu tinha uma falsa impressão de que a estação do ano estava ligada a uma certa distância, que no inverno o sol estava mais afastado e noutra posição, mas que o eixo estaria numa outra posição também. No verão estaria mais próximo do sol. Então, a experiência do **globo** e das diferentes estações que vimos, demonstrou que a distância é quase a mesma e que não interfere nas estações. **O que importa mesmo é a inclinação**, que conforme a localização do planeta em relação ao sol, um hemisfério vai sendo mais iluminado que o outro. Antes eu tinha uma visão equivocada de que se devia a distância. (C4) (Grifo do autor).*

*Tudo! Tudo novo! **A inclinação do eixo** é a principal causa e isso eu aprendi no teu curso com o **globo e a luz**. Eu nem sabia o que causava. Eu achava que era uma coisa natural. Nunca cheguei a pensar que era a inclinação. Era uma incógnita que eu tinha na minha cabeça. A gente vê no **livro didático** aquela imagem que o senhor mostrou no início do curso e dá a impressão que é devido ao afastamento e à proximidade da terra em relação ao sol, mas isso é tão, é tão abstrato que os professores nem entram muito nisso, nessa questão. Que até eles nem sabem muito explicar. Então é uma coisa assim, como tu aprende para fazer uma prova, tu*

memorizas as informações e assim a vida vai acontecendo, tu não dá mais atenção para isso. Tu nem para pra pensar. Só que agora eu entendo como funciona. (C5) (Grifo do autor).

*Aprendi. E não era assim que eu trabalhava com os meus alunos também. Eu trabalhava de uma forma não errada, mas como eu aprendi no livro, né. Agora eu aprendi que elas existem, elas acontecem devido ao **eixo inclinado de rotação** da Terra, né. É, isso eu não sabia. E através do **modelinho do MDS** [modelo concreto] ali a gente pode mostrar bem para eles como é que acontece né, com a **lâmpada e o globo**, dá para enxergar as regiões de sombra e de luz nos diferentes hemisférios. Mas a inclinação tem tudo a ver. Eu não ensinava sobre a inclinação. Eu ensinava diferente, eu ensinava que acontecia por causa da rotação também assim, que algumas partes pegavam mais frio, outras mais calor, estava ligado ao clima e inclinação. Eu pensava que tinha uma relação com a distância também. Eu lembro que eu falava de Marte que é mais próximo do sol do que a Terra e que é bem mais calor por isso. Era assim a minha noção, uma noção que **tirei do livro didático**, a partir daquela representação que tu nos mostrou, era assim que eu pensava. E, também, porque foi assim também que aprendi com as minhas professoras, elas me passaram assim também. E foi assim que repassei para os alunos. (C6) (Grifo do autor).*

*Essa respondi antes né, é a **inclinação do eixo** da Terra que o senhor nos mostrou bem lá no laboratório na sala escura com o **globo**. (C7) (Grifo do autor).*

*Sim é devido à **inclinação da Terra**, né, do eixo, e que não tem relação a distância, né, isso deu para perceber bem naquela atividade na sala escura. E na verdade eu pensava que era a distância entre o Sol e a Terra que causava as estações, né, pela **imagem aquela do livro didático**. Essas demonstrações com o **globo e o retroprojeter na sala escura** que fizeram eu mudar a minha concepção. Eu estava que nem a professora do Joãozinho da Maré. Para ver como é importante as práticas, né. (C8) (Grifo do autor).*

A partir das narrativas dos cursistas sobre o aprendizado das estações do ano, tecemos algumas conclusões.

Todos os cursistas demonstraram ter adquirido conhecimento sobre a principal causa das estações do ano: a inclinação do eixo da Terra, em oposição à crença inicial de que a distância entre o Sol e a Terra era a principal causa.

Os modelos concretos utilizados na atividade foram considerados fundamentais para o aprendizado, demonstrando a importância da visualização no processo de ensino. Os depoimentos dos cursistas revelam que, antes do curso, muitos deles possuíam concepções equivocadas sobre as estações do ano, as quais foram corrigidas e aprimoradas durante o aprendizado.

Alguns cursistas mencionaram que suas concepções iniciais sobre as estações do ano foram influenciadas por representações presentes nos livros didáticos e pela forma como foram ensinados por seus próprios professores, evidenciando a importância da formação docente e do material didático utilizado.

Essas conclusões apontam para a relevância do ensino baseado em modelos, de metodologias de ensino que promovam a desconstrução de concepções equivocadas e a construção de novos conhecimentos de forma prática e contextualizada.

7.6 Sobre o método de Ensino Baseado em Modelos

Acerca do método de ensino baseado em modelos, novamente de modo unânime todos os cursistas (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8) declaram ter sido algo de fundamental importância em suas aprendizagens.

*Eu considero que sim e eu prefiro **modelos concretos** do que só por fotos ou livros. Não sei se pelo manipular ou pelo construir os modelos, ou devido à explicação nesse tempo de concentração, ou talvez ainda, por tá em contato direto com eles, a compreensão fica facilitada, chama mais a atenção também, dá para ir direto ao ponto. **Eu penso que por ser algo concreto, então acaba simplificando, é menos coisa, talvez, para mente abstrair, imaginar, se localizar, criar, tá ali, né, e simplifica demais o processo, pois a gente consegue manipular e visualizar;** traz várias informações também né. Na dúvida, tá ali [apontando o dedo para o modelo do MDS], é só olhar, facilita a memória, facilita um monte para o cérebro, é um caminho ideal para o ensino. (C1) (Grifo do autor).*

*Com certeza! Inclusive esse material concreto confeccionado e através das atividades desenvolvidas, fez com que chegasse muito próximo. Então, significa que esse **modelo concreto** que foi confeccionado é eficiente, condiz com a realidade, do nosso dia a dia, dos fenômenos, das estações, dos dias, mês, horas de incidência de sol, e tudo né. O **modelo do Geogebra** que também foi utilizado, chegou muito próximo da realidade, pois, utilizando o **NOAA**, por exemplo, fez com que houvesse uma variação mínima na duração. Então havendo essa variação mínima faz com que tanto o Geogebra que foi utilizado, o software do NOAA e o modelo concreto se certificou de que é algo realmente eficaz, sendo bastante útil para a minha aprendizagem. (C2) (Grifo do autor).*

*Sim, com certeza! Foi muito, muito bom, acho assim que é preciso isso daí né. E como eu disse no começo desde os primeiros dias, né, quando a gente se inscreveu lá nós não conhecíamos né, nós não sabíamos muito bem como seria, mas o tema era bastante instigante, né, daí eu digo: vou participar, sim, e eu gosto de aprender coisas novas, eu gosto de trazer para a sala de aula, pois eu sei da importância para os alunos, da importância assim para nós também, né, pois eles também adoram essas **coisas que sejam práticas, né, pois ajuda bastante na aprendizagem.** (C3) (Grifo do autor).*

*Absolutamente útil, muito útil e, digamos assim, imprescindível para a minha aprendizagem. Ele me ajudou melhor na **visualização dos fenômenos** e também a **compreender melhor como eles funcionam**, pois, sem entender como funciona, não tem como a gente ensinar né. Sem ele eu continuaria utilizando o **livro didático**, sem tentar levar a uma verdadeira compreensão do aluno desses fenômenos. E como eu dizia antes, eu acho importante que a pessoa que vive no campo tenha conhecimento dos fenômenos da natureza, do planeta. Então é importante que elas tenham esse conhecimento para sair dos achismos, das crendices, da imaginação: Ah! Porque é dia de São João, por isso que é noite mais longa. Ah, porque é dia de não sei o quê... então, essas crendices populares, que haja real conhecimento científico e metodológico, saber que as coisas são, o funcionamento da natureza e que isso é ciência, é necessário ter esse conhecimento. Então, no momento em que eu compreendi, a partir desses **modelos**, a partir da visualização desses fenômenos, eu vou poder transmitir melhor para eles e eles também poderão transmitir para seus pais, para seus amigos. (C4) (Grifo do autor).*

*Totalmente útil. E isso é uma coisa que chamou a atenção até lá em casa, o filho tá interessado e disse: por que é que eu não levei ele pra fazer o curso? Ele viu o **modelo pronto**, mas ele disse que queria aprender a fazer. Então, isso foi a aprendizagem saindo da teoria e indo pro lúdico, pro concreto, é maravilhoso. Tem as imagens e **vivendo as experiências de construir esse material** e depois a pesquisa no próprio material isso que tu fez é algo fantástico. Assim tu vai construindo passo a passo a tua aprendizagem. Tu sai do livro, tu sai da tela do computador, tu vem pra mesa, tu constrói e, ao mesmo tempo, que tu vai fazendo, manipulando, é incrível! E tudo vai fazendo sentido, é como um quebra-cabeças que vai facilmente se encaixando, as peças vão se encaixando naturalmente. É maravilhoso esse método. Até uma criança bem nova é capaz de aprender. Porque o material chama muito a atenção. (C5) (Grifo do autor).*

*Eu acredito que foi muito útil e que vai ser ótimo usar com os alunos, qualquer um deles. O **modelo concreto do MDS, o modelo do Geogebra, o Stellarium** também, incrível. Para mim essas são técnicas que me ajudaram muito na aprendizagem, técnicas novas para mim. (C6) (Grifo do autor).*

Eu acho que foi fundamental a todos nós, né! Porque tu não fica só no plano teórico né! Porque na realidade todos nós aprendemos com a prática. Já existe isso consagrado desde o início da civilização. E no momento que tu mostra os modelos práticos tu evidencia que isso é verdade, é verdadeiro. Com a prática assim tu visualiza melhor esse assunto que para mim foi algo novo né. Porque eu sempre trabalhava com carta do exército, então eu sabia longitude, latitude, graus, minutos e segundos e tal, mas com esses modelos aí foi a primeira vez. (C7) (Grifo do autor).

*Sim, com certeza! É a partir da **prática de tu construir um modelo e demonstrar né...** Tu vai e tu faz a parte teórica, daí vai construindo aquilo, depois tu percebe no modelo, né, então é bem melhor assim, com certeza. Se a gente pudesse, trabalhava só com coisa prática, facilita muito a aprendizagem e é uma coisa que fica, né. Isso é realmente a aprendizagem, né, não é a questão teórica que fica só naquela decoreba, assim, né. E as crianças, principalmente as crianças dessa faixa etária, elas precisam visualizar, né, para aprenderem melhor. (C8) (Grifo do autor).*

Com base nos relatos dos cursistas, algumas conclusões sobre o método de ensino empregado podem ser elaboradas: de um lado, o uso de modelos concretos

e de atividades práticas foi considerado fundamental por todos os cursistas para a compreensão e aprendizagem dos fenômenos astronômicos estudados.

A manipulação e a construção dos modelos concretos foram destacadas como facilitadoras da compreensão, da memorização e da visualização dos fenômenos, conseqüentemente, reduzindo a carga cognitiva e proporcionando uma abordagem mais direta e facilitada para o aprendizado.

Além disso, a utilização de modelos concretos e virtuais, como o Geogebra e o *Stellarium*, foi reconhecida como fundamental para a compreensão mais próxima da realidade investigada, contribuindo para uma melhor visualização e compreensão das temáticas astronômicas.

Há de se considerar ainda que a experiência de construção dos modelos e a interação prática com estes artefatos do conhecimento foram ressaltadas como influências positivas na aprendizagem, permitindo que os cursistas saíssem do plano teórico e se envolvessem de forma mais lúdica e concreta no processo de aprendizado.

Essas conclusões apontam para a eficácia do método de ensino baseado em modelos, concretos e virtuais, nas atividades, evidenciando a importância de abordagens práticas e manipulativas, baseadas em modelos externos, para a compreensão e internalização dos conceitos e para a reelaboração dos modelos internos (modelos mentais) dos cursistas.

7.7 Sobre a aplicação do método de Ensino Baseado em Modelos na Escola

Com relação ao método de ensino baseado em modelos, perguntamos aos cursistas se eles utilizariam o método com seus alunos e a partir de qual ano escolar ele poderia ser utilizado.

Conforme percebemos nos relatos dos cursistas, todos eles utilizariam o método com seus alunos, pois estão de acordo quanto a sua importância na aprendizagem. Dentre eles, a maioria acredita que poderia ser empregado a partir do 6º ano do Ensino Fundamental (C2, C3, C4 e C8). Apenas um cursista (C5) acredita que poderia ser aplicado a partir do 1º ano. Os demais acreditam que a partir do 7º ano (C1), do 8º ano (C6) e do 9º ano (C7).

Acho que seria tranquilo de aplicar com eles tanto a marcação dos pontos ali, do gnômon, tanto com o material completo, seria uma prática bem enriquecedora para os alunos. Acho também que é difícil de eles não aprenderem, não gravarem, né! Pois essas experiências, essas práticas são muito marcantes, bem significativas na aprendizagem. Então, eu acredito que a partir do 7º ano, do 8º, do 9º ano ele já poderia ser empregado. Dá para ir fazendo aplicações e talvez reduzindo a faixa etária, testando com qual se adaptaria melhor. Mas, acho que antes, no 5º ou 6º anos, acho mais difícil deles se concentrarem com a atividade. Claro que, depende da turma, depende da escola, da realidade deles, mas, acho que é bem mais difícil a compreensão antes. **Acho que a partir do 7º** talvez eles já são mais amadurecidos para aprender essa complexidade toda, de fazer uma abstração, de associar o modelo virtual com o modelo concreto, de fazer as analogias, as comparações entre o real e a representação, deles explicarem e conseguirem abstrair, chegar naquele conceito que a gente tá tentando trazer para eles. Acho que do 6º ano para trás eles são mais do material concreto mesmo, do lúdico, de práticas concretas, pois criar uma projeção mental assim do fenômeno é mais difícil. (C1) (Grifo do autor).

Sim, sim, aplicaria. Como eu já havia dito, eu acredito muito nessa parte de experimentação, do aluno ter esse manuseio, de ter o visual, a confecção. Isso faz com que chame mais a atenção do aluno. Então, eu posso até trazer um momento de atividade virtual, fazendo essa interação entre o aluno com um aplicativo. E esse material concreto faz com que o aluno fique, perceba mais esses, esses fenômenos físicos aí, memorize mais, visualize mais e consiga conciliar melhor essa parte. Claro que tem que ter um embasamento teórico né, ter esse embasamento teórico para chegar nele, para chegar no material da prática, na experimentação, no concreto. A parte teórica se faz necessária para ti ter um embasamento, uma noção dos conceitos envolvidos, né. E Vygotsky fala sobre isso, né, dessa relação teoria-prática, dessa experimentação, da importância disso para a aprendizagem.

Sobre o ano. É, eu acredito que a questão dos pontos cardeais desde a educação infantil até toda educação básica, mas esse momento aí do gnômon, por exemplo, na localização dos pontos cardeais: norte, sul, leste, oeste, desde a educação infantil, desde o segundo ano em diante né. Claro que não depois direto para o material concreto né, por exemplo, aí a gente poderia até mostrar para eles, para eles terem uma noção de como funciona, né. Mas se eu conseguir levar os alunos no pátio fixar um gnômon e fazer com que eles identifiquem esse movimento do Sol né, essa rotação, né, e aí eu trabalhar isso com eles, desde o nascer do Sol até o pôr do sol eu acredito que desde a educação infantil a gente consiga. Claro que daí depois com ensino fundamental eu **acredito que desde o 6º ou 7º ano** em diante, né, essa questão construtiva do modelo, eu acho que teria um pouquinho de dificuldade né. Mas, a partir do 8º e 9º ano de confeccionar esse material completo, eu acho que eles já teriam mais habilidade. Também a questão cognitiva, a questão do entendimento né, dos processos né. Mas como eu não sou professor de, digamos, desses anos do fundamental, né, eu não saberia dizer. Eu sou professor dos 9º anos né, eu acredito que nos 9º anos bem tranquilo, a gente consiga desenvolver. Mas assim, o ponto de partida assim do gnômon, da gente localizar os pontos cardeais eu acredito que desde a educação infantil. E aí depois a gente vai introduzindo à medida que eles têm um entendimento, a gente até poderia avançando, né, se aquela turma conseguiu entender, né, todas essas fases, todos esses processos, aí a gente pode avançar. Se a turma corresponder né, a gente pode ir avançando né, não necessariamente precisa ser do 9º ano em diante. Poderia ser testado em uma séria mais inicial e verificando se os alunos irão progredir no entendimento. (C2) (Grifo do autor).

Como venho dizendo desde o começo, né, professor, que com certeza eu quero aplicar sim. Porque eu gostei muito dessa metodologia e eu acho assim se eu gostei eles também vão gostar. Então, como eu dou atividades para os anos finais do fundamental, penso que poderia ser aplicado **a partir do 6º ano** né, mas penso que poderia ser aplicado até 9º ano e no ensino médio também. Eu não posso dizer em relação aos outros anos, mas penso que aqui temos professores entusiasmados com a educação e que fazem coisas maravilhosas e com certeza também eles iriam aplicar, talvez com o 3º, com o 4º e 5º anos. (C3) (Grifo do autor).

Olha, eu aplicaria **a partir do 6º ano**, já poderia utilizar. Uma aula prática traz uma compreensão melhorada. Eles vão lá fora e voltam no modelo, vai ser muito melhor do que apenas no livro didático. (C4) (Grifo do autor).

Aplicaria, com certeza! Acho que **a partir do 1º ano** já poderia ser empregado esse método. Porque é o dia-a-dia deles e eles têm muita curiosidade e, além disso, eles aprendem rápido. É uma aula que não precisa tu chamar a atenção do aluno para prestar atenção na aula. Eu acho que eles teriam um pouco de dificuldade para construir só, porque é nessa idade que eles começam a aprender a coordenação motora né, e esse trabalho tem tudo a ver, tudo! Claro, talvez chegar a perfeição do modelo eles teriam que fazer em várias aulas, em vários encontros, para recortar bem direitinho. Ou, talvez, com a ajuda da professora ou das monitoras seria mais fácil. Mas eles conseguem. E o interessante é que isso é uma coisa que eles já começariam aprendendo certo né! Eu acho esse método mais gostoso, prazeroso e mais correto para a criança. Porque esse método aqui tem o modelo da NOAA né e ele se aproxima muito né, com pouca diferença apenas. Isso é uma coisa maravilhosa, pois tu sai dos livros para representar aquilo. E o modelo dá conta dos fenômenos e a gente mesmo percebe isso. (C5) (Grifo do autor).

Com certeza eu aplicaria esse método, mas acredito que **a partir do 8º ano**, pois eles têm mais entendimento, eles têm mais maturidade, né. Séries iniciais eu acho um pouquinho mais complexo, não complicado, mais complexo. (C6) (Grifo do autor).

Certamente! Claro que eu vou ter que revisar e dar uma estudada e me preparar, né, mas eu acho que agora eu tenho condições, sim. Eu acho que poderia ser aplicado **a partir do 9º ano** tranquilamente. Antes eu não saberia te dizer, pois eu não trabalho com outros anos, né, teria que verificar, né. (C7) (Grifo do autor).

Sim, aplicaria. Assim, eu penso que o modelo, esse modelo que construímos, ele é bastante detalhado, né! Para construir com uma turma grande como a que eu tenho fica meio inviável, pois eles não têm o domínio manual, de fazer alinhar, de recortar, acaba que fica inviável construir com todos. Porque eu não posso fazer 26 modelos, eu teria que eu fazer ali, por mais que eles tenham todos os materiais eles não iriam conseguir alinhar, botar aqui, recordar certinho, falta essa habilidade manual no 5º ano eu vejo. Eu acredito assim, que os maiores já no 8º e 9º anos e ensino médio tranquilo né. Talvez até **a partir do 6º ano** também dava para tentar. Mas o que que eu acho, assim, é possível, sim, aplicar no 5º ano e é possível que alguns façam, entendeu? A questão é como gerenciar, como a gente vai lidar, porque se uns fazem, os outros vão querer fazer, né! Então, talvez por grupo, daí depende de a gente adotar uma metodologia né. Não é que não possa ser feito com os menores, mas a gente vai ter que escolher outra metodologia, pois não é que todos irão construir, nós teremos que dividir a turma em grupos e talvez assim, trazer os modelos pré-prontos ou dividir em grupos e colocar aqueles que têm mais habilidade a construir. Sabe o que a gente percebe que tem alguns que têm maior habilidade, porque eu

tenho crianças e eu to falando da realidade, tem crianças que não sabem ler, tem crianças, assim, pouquíssimas com habilidades manuais, que não sabem colar. Alguns ainda vêm com aspectos que perderam na pandemia, né, falta coordenação motora, às vezes a letra é horrível e não conseguem nem segurar o lápis direito, não vão saber recortar retinho, também. Não é que não possa ser aplicado, mas a gente tem que pensar numa metodologia mais prática, com os modelos pré-prontos para eles usarem. (C8) (Grifo do autor).

Conforme os relatos dos cursistas, nota-se que todos eles demonstram interesse em utilizar o método baseado em modelos com seus alunos, enfatizando a sua importância na aprendizagem. A maioria dos cursistas acredita que ele poderia ser empregado a partir do 6º ano do Ensino Fundamental, enquanto um cursista acredita que poderia ser aplicado a partir do 1º ano. Além disso, há relatos que sugerem a sua aplicação de forma gradual, levando em consideração a maturidade, capacidade de abstração e habilidades dos alunos, com algumas sugestões de aplicação a partir do 7º, 8º e 9º anos.

Os cursistas destacam a importância da prática, experimentação, material concreto e visual na aprendizagem, bem como a necessidade de embasamento teórico. Eles também mencionam a importância de considerar a maturidade, habilidades manuais e cognitivas dos alunos ao decidir o momento adequado para a aplicação do método.

Portanto, a análise revela que os cursistas reconhecem a relevância do método baseado em modelos para a sua aprendizagem, demonstrando disposição em aplicá-lo em suas práticas pedagógicas, e sugerem diferentes perspectivas sobre o momento ideal para sua implementação, levando em conta a idade, maturidade e habilidades dos alunos.

7.8 Sobre a insolação e o posicionamento ideal de uma casa

A fim de testar os conhecimentos dos cursistas, perguntamos em qual direção deveria ser construída uma casa, caso eles desejassem que os raios solares incidissem na maior parte do tempo na parte da frente da casa.

Identificamos, nos relatos de todos os cursistas, que a direção escolhida seria o norte. Além disso, essa informação foi retirada do modelo concreto do MDS.

*Ah! Eu colocaria a frente da casa planejando mais a incidência solar voltada para o lado **norte**, pois pela faixa da trajetória aqui no modelo se percebe*

que o Sol passa mais voltado para o norte aqui em São Borja. (C1) (Grifo do autor).

*Devido à latitude da nossa localização no município de São Borja sempre para o **norte**, né! Eu colocaria a parte da frente da casa, da porta, para o norte, devido a ter uma incidência do sol em maior tempo possível. (C2) (Grifo do autor).*

*Ah, bom, eu vou colocar para o leste, né. Eu não sei se peguei bem isso daí, né, mas penso que... (pegou o modelo para manipular) ah, não, seria para o **norte**, pois ficaria mais tempo recebendo o sol. (C3) (Grifo do autor).*

*De acordo que entendi, deve ser voltada para o **norte**. (C4) (Grifo do autor).*

***Norte!** Eu aprendi de tal forma que, eu entro no carro agora e digo para o meu marido: estamos indo para o norte (risos). Eu sou péssima em geografia, mas agora tem algo que aprendi bem. Antes me dava um mapa, cruzes... agora eu já sei me localizar. Isso é uma coisa que aprendi e fixei agora. (C5) (Grifo do autor).*

*Na direção **norte**. Pois aqui em São Borja recebemos a maior incidência de sol aqui nessa direção (usava o modelo concreto do MDS para responder). Até comentei em aula sobre as placas solares que eu percebia já que elas são instaladas na direção norte. (C6) (Grifo do autor).*

*Aqui em São Borja eu colocaria voltada para o **norte**, né! E o modelo ajudou muito nessa observação, foi fundamental para ver isso, né. Sem o modelo talvez eu não tivesse conseguido chegar nessa compreensão. (C7) (Grifo do autor).*

*Aqui em São Borja seria o **Norte**. Eu já havia percebido isso durante o curso. Então, nem preciso olhar no modelo isso, agora sei. (C8) (Grifo do autor).*

Assim, pelos relatos dos cursistas, percebemos que todos eles identificaram a direção norte como a escolha adequada para construir uma casa, de modo a permitir a incidência dos raios solares na maior parte do tempo na frente da casa. Os cursistas demonstraram compreender a influência da localização geográfica, da trajetória do Sol e da importância da orientação solar na escolha da direção desta construção. Além disso, os relatos indicam que o uso do modelo do Movimento Diário do Sol foi fundamental para a compreensão e visualização da orientação solar, auxiliando os cursistas a chegarem a essa conclusão.

Deste modo, a análise revela que os cursistas demonstraram compreensão e aplicação dos conhecimentos adquiridos, bem como a importância do modelo concreto na compreensão da orientação solar para construção de uma edificação.

7.9 Sobre a sombra solar do meio-dia

Testando os conhecimentos dos cursistas, perguntamos sobre qual época do ano, ao meio-dia, a sombra produzida pelo Sol nos objetos é a mais curta, e o que isso significava.

*Eu acredito que seja nos **equinócios**, próximo de 21 de março e 21 de setembro que o Sol tá mais centralizado né. Ou melhor, aqui na nossa região (começou a olhar para o modelo concreto). Ah, não! É dezembro aqui oh! (agora manipulando o modelo) pois, o Sol chega mais alto no céu daí a sombra é menor ainda, né! **Aqui no solstício de verão**, a sombra é a menor ao meio-dia. Aqui, ele cruza próximo do... desse ponto principal... do... do zênite, né! Mais próximo se comparado aos outros meses do ano né. Ele se aproxima muito do zênite, mas ele não passa bem no zênite aqui em São Borja! (C1) (Grifo do autor).*

*Mais curta é no **inverno**... opa! Ao meio-dia? Lê de novo a pergunta aí para mim... é menor ou maior? **É no verão!** Desculpa. No verão, no verão que o Sol chega mais alto no céu ao meio-dia. Então, ela é mais curta porque o Sol tá numa linha mais perto do... do zênite, ele tá praticamente quase no zênite, em cima da nossa cabeça quase, mas não atinge bem esse ponto. (C2) (Grifo do autor).*

*[Cursista começou a analisar o modelo] seria no... ah, eu acho que... acho que seria no **equinócio**? Ah, não! É no Solstício de **verão**, tá aqui, ó [mostrando o modelo]. Porque ao meio-dia o sol chega mais alto no céu e daí a sombra acaba sendo a mais curta. (C3) (Grifo do autor).*

***É o verão!** Ele atinge uma maior proximidade daquele ponto... do... Zênite. No verão ele vai tá mais alto no céu ao meio-dia e vai produzir uma sombra mais curta né. No inverno ele fica mais baixo e vai dá uma sombra mais longa. (C4) (Grifo do autor).*

*Ela é mais curta... é mais curta no **verão** [pegou o modelo] pois a gente consegue perceber que o Sol está mais em cima. No inverno o sol não chega tão alto. Aqui pelo modelo dá para ver bem. E aquela aula no pátio com o gnômon deu para gente ter uma noção da altura que o sol passa, deu para ir percebendo a sombra. E, tem aquela aula do texto dos egípcios que usavam da sombra para se localizar, as estações, ajudou a entender bastante. E, também, a minha vó. Eu lembro que minha vó usava muito a sombra para saber a hora. Ela ia para a roça e aí ela observava sempre a sombra. E ela me dizia, quando a gente tinha aquela vontade de ir embora comer, né! A gente perguntava: vó, falta muito? E ela nos dizia: quando a sombra chegar mais perto de ti, aí nós vamos que daí vai estar chegando ao meio-dia. (C5) (Grifo do autor).*

***No verão**, porque o sol tá no ponto mais alto do céu, ele atinge a maior altura. E eu também não sabia sobre esses termos de zênite e nadir, para mim foi uma novidade, e acho bem interessante assim para se localizar assim em relação ao sol né. Por que isso é uma questão que os alunos fazem sempre para a gente: professora, por que a minha sombra tá comprida? Por que a minha sombra tá curta? E os pequenos fazem esse tipo de pergunta. E tem a ver com a altura que o Sol está no céu que agora eu posso falar isso para eles. E isso dá para trabalhar bem com eles*

utilizando o modelo, comparando a trajetória aqui do inverno e do verão. (C6) (Grifo do autor).

*Próximo ao meio-dia, quando a sombra é mais curta? Deixa-me pensar... [pegou o modelo em mãos]. Acho que é... acho que é... é **no verão!** Porque é quando ele fica mais alto no céu e a sombra fica menor! (C7) (Grifo do autor).*

*Eu acho que é **inverno**, né... não tenho certeza, eu faltei essa aula [pegou o modelo concreto para manipular]. Não, não, não é no inverno, é **no verão**, pois o Sol vai tá mais alto no céu ao meio-dia, então vamos ter a sombra mais curta. Pelo modelo dá para imaginar bem isso. (C8) (Grifo do autor).*

Analisando os relatos dos cursistas, percebemos que houve uma variedade de respostas em relação à época do ano em que, ao meio-dia, a sombra produzida pelo Sol nos objetos é a mais curta, e o significado disso. Praticamente a metade dos cursistas (C4, C5, C6 e C7) mencionou o verão como a estação em que a sombra é mais curta devido à maior altura do Sol no céu, enquanto alguns mencionaram os equinócios (C1 e C3) e inverno (C2 e C8) inicialmente, mas corrigiram para o verão após reflexão e manipulação do modelo.

Além disso, os relatos indicam que o uso do modelo concreto foi fundamental para a compreensão e visualização da trajetória solar, auxiliando-os a chegarem a essa conclusão. Também, alguns cursistas relacionaram o conhecimento adquirido com situações do cotidiano, como a observação da sombra pela avó de um dos participantes, e destacaram a importância de poder explicar esse fenômeno aos alunos.

Logo, a análise denota que os cursistas apresentaram diferentes níveis de compreensão em relação à época do ano em que a sombra produzida pelo Sol ao meio-dia é mais curta, destacando a importância do modelo concreto para a compreensão desse fenômeno e a relevância de relacionar o conhecimento adquirido com experiências cotidianas.

7.10 Sobre a época do ano em que o Sol fica a maior parte do tempo acima do plano do horizonte

Verificando ainda os conhecimentos dos cursistas, perguntamos se eles sabiam dizer em que época do ano, em São Borja, o Sol fica a maior parte do tempo acima do horizonte.

*Época do ano, meses? Mais tempo de luz solar? Ah, sim! De dezembro a março. Ou um dia específico? Se for dia específico seria no... no solstício de verão, **no solstício de verão, 21 de dezembro, o maior dia do ano.** Isso eu não conseguia ver antes, sabe, mas agora, aqui, com o modelo concreto, é bem fácil. Pois tu consegues ver que as trajetórias têm 360º [graus], e tu consegues dividir e ver quando é dia e quando é noite, pois tu consegues dividir às 24 horas em intervalos iguais, né, os 360º são as mesmas 24 horas né. Quando tu aumentas a incidência, o período de sol do dia, tu diminuis o período da noite, né. E o contrário é o mesmo, né, pois se tu tens um dia menor, tu terás uma noite maior. A parte de cima aqui [acima do plano do horizonte] tu tens a parte do dia e a parte de baixo aqui [sol abaixo do plano do horizonte] tu terias a parte sombreada, indicando a noite. Com o modelo fica bem mais fácil ter essa compreensão, sabe, visualizar esse fenômeno fica nítido. (C1) (Grifo do autor).*

Maior parte? Mais tempo, né? É... [pegou o modelo em mãos] é no verão, no verão. Aqui dá para ver pela trajetória e pelo tempo solar né, dá...dá... 13 horas e 45 minutos aproximadamente. Pelo modelo é bem fácil de visualizar isso. (C2) (Grifo do autor).

*[Cursista começou a analisar o modelo] pois é, seria no inverno? Não, não! **É no verão**, pois ele fica mais tempo acima do horizonte, né. (C3) (Grifo do autor).*

***Verão**, né! No verão ele fica mais próximo daquele, daquele ponto, do zênite. Então ele fica mais alto no céu. (C4) (Grifo do autor).*

*Acima do plano do horizonte? Ah! **No verão!** Ele chega a ficar quase 14 horas de Sol aqui para nós. É o dia mais longo do ano e a noite mais curta. (C5) (Grifo do autor).*

***É no verão!** Pelo modelo aqui dá para ver bem isso. Aqui [no modelo] dá para ver que é o dia mais longo e a noite mais curta (C6).*

*[Olhando para o modelo] tem que ser **na entrada do verão!** É o dia mais longo, né. (C7) (Grifo do autor).*

*C8 - [pegou o modelo e regulou para São Borja] é essa aqui... essa faixa aqui, essa linha aqui, pois o Sol fica mais tempo acima do plano, então **é no verão!** (C8) (Grifo do autor).*

A partir dos relatos dos cursistas podemos obter as seguintes conclusões: os cursistas demonstraram compreender a variação do tempo em que o Sol fica acima do plano do horizonte em São Borja, associando-o à época do verão. Eles relacionaram o aumento da incidência solar com o período do verão, indicando que é nessa estação que o Sol permanece a maior parte do tempo acima do horizonte. Além disso, eles utilizaram o modelo concreto para visualizar e compreender melhor o fenômeno, destacando a facilidade em compreender a relação entre a trajetória solar, o tempo de incidência solar e a divisão entre o dia e a noite. Eles também mencionaram o solstício de verão, associando-o ao dia mais longo do ano, e

descreveram a relação entre o aumento do período de Sol durante o diurno e a diminuição do período noturno.

Portanto, os cursistas demonstram um entendimento claro da relação entre a época do ano e a incidência solar, além de evidenciar a utilização do modelo concreto para facilitar a compreensão desse fenômeno.

7.11 Sobre as atividades desenvolvidas durante o curso de formação

Por fim, perguntamos aos cursistas o que mais havia lhes chamado a atenção nas atividades e se havia alguma sugestão ou crítica a esse respeito.

*O que me chamou a atenção, assim, foi a **diversidade de estratégias utilizadas: material concreto, material digital, material 3D, material 2D**, então isso facilita, né, a compreensão, esse leque didático, né, isso foi bem importante. Uma única sugestão na real é que tivesse **mais tempo**, né, para gente seguir, uma **continuação do curso**, né, daqui a um tempo voltar e fazer uma prática com os alunos. Eu me parece que falta algo, assim como tu fez, alguém para tirar dúvidas, que traga mais esse reforço, né, acaba dando mais segurança para o professor começar um trabalho novo, uma prática nova, isso é importante. Mas acredito que essa tua metodologia que tu nos ensinaste já é o suficiente para eu aplicar uma prática com os meus alunos, bem tranquilamente, irei fazer um bom trabalho com eles. Um trabalho bem organizado que ajudará a compreender os fenômenos. (C1) (Grifo do autor).*

*Bem, eu acredito assim, de tudo que a gente viu, que nos foi ensinado foi algo assim de extrema relevância. Então, isso fez com que a parte teórica abordada, que foi passada para nós, se confirmasse com o nosso material concreto que foi confeccionado. **Então, esse manuseio, essa manipulação de você utilizar a teoria, essa confirmação, né, da teoria com um experimento, da teoria com a prática, fez com que a gente conseguisse entender alguns conceitos e confirmar aqueles conceitos que a gente tem alguma noção**. Então, eu acredito que essa atividade sim foi muito proveitosa, bastante produtiva e vamos passar isso para os alunos para que eles tenham uma noção, né, melhor, né, e confirme essa questão da teoria e prática. Então, no meu ponto de vista, assim, foi uma atividade assim extremamente valiosa, extremamente produtiva né, nesse processo da construção, nesse processo do ensino-aprendizagem, nessa construção do nosso conhecimento. **Então, de todos os modelos, o que mais me chamou a atenção foi trabalhar com o material concreto**. Porque esse é o modelo que a gente manipulou mais tempo. Lá do ponto de partida, partindo de um material reciclável, né, a gente foi manuseando e manipulando ele até chegar na confirmação dos conceitos, nessa testagem das atividades, desde lá do campo de futebol da gente fixar o gnômon. Desde uma atividade que parece simples, mas, não é tão simples assim, envolve muitos conceitos, envolve muita teoria e **é uma pena a gente não ter mais tempo assim necessário para a gente poder explorar mais**, mas foi uma atividade assim extremamente relevante, bastante produtiva. Fico muito feliz e contente de você ter proposto essa atividade conosco, professores, em uma formação continuada. (C2) (Grifo do autor).*

Eu gostei de todas as práticas que fizemos, né, mas claro que achei bem mais interessante o da sombra. Eu achei bem mais interessante por achar também que a gente pode fazer com os alunos e chamar mais atenção deles. Mas tudo eu acho que foi bem relevante e tudo foi um aprendizado interessante mesmo para os professores de qualquer área também acho que isso aí nunca, como você diz, com conhecimento não ocupa espaço, né, então é claro que a gente como é corrido todo o tempo a gente precisa estudar mais e ver mais clarear mais, né, para poder ficar com mais conhecimento para passar para os alunos. Isso é questão de a gente dar uma olhada, estudar, né. Mas eu **adorei toda a formação** e gostei muito de ter dito sim e de ter feito possível, né, também para estar presente, **pois eu não tenho nenhum dia de folga na escola**, né, então como se diz, a gente tem que rebolar, né, para poder estar presente em tudo né. (C3) (Grifo do autor).

Assim, tudo! A expectativa que eu tinha não era nem próxima da que tive. Foi muito bom, foi muito explicativo para mim, muito conhecimento ampliado, são coisas práticas para a vida. Não existe isso é só para a sala de aula, não. Isso é para a vida, para qualquer pessoa, para qualquer profissão, para qualquer disciplina. **E me chamou a atenção os variados tipos de materiais que podem ser utilizados, de modelos.** Tem o **modelo concreto**, tem o **modelo no computador**, tem o **modelo no papel**. Então são vários tipos diferentes de modelos para tratar da mesma coisa e para confirmar o conhecimento. É uma confirmação de um conhecimento. E a gente diz, né, para um conhecimento ser científico ele deve ter várias confirmações, comprovações, testagens e **a gente fez essas comprovações e testagens com os modelos.** Isso me chamou muito a atenção. E esse trabalho prático me chamou muito a atenção. **E não foi só teoria, foi muita prática. Os modelos são excelentes, os modelos são absolutamente comprobatórios de que o fato é científico, de que os fenômenos podem ser comprovados.** (C4) (Grifo do autor).

Não existe o que mais chamou a atenção. **Tudo chamou a atenção.** Porque foi tudo novo, porque, imagina, eu nunca na vida tive uma aula dessas, nem na escola, nem na faculdade, eu fui aprendendo assim, olhando no livro didático, estudando para as provas e nem prestava atenção nisso. Então tudo foi novo. **Foi um novo olhar para os fenômenos.** Eu me lembro daquele dia com o **aplicativo Stellarium**, amei! Gostei do modelo digital do **Geogebra** que traz o questionário para eles fazerem um teste de conhecimentos. Gostei do **modelo concreto**, de construir, de manipular, de encontrar respostas. Gostei das **cartas solares** que eu nunca tinha ouvido falar. Gostei de tudo. Tudo foi interessante para mim. Sabe que geografia para mim sempre foi chato. Física, chato né! E vem aí você com esse curso maravilhoso fazendo a gente fazer modelinhos. **É muito raro um curso completo, de você gostar de ir. Normalmente a gente faz um curso porque o diretor impõe, mas esse foi um curso que acho que cada um foi com um pouquinho de medo, porque é difícil, e para ti ver tu tornaste algo difícil, fácil e divertido.** (C5) (Grifo do autor).

Olha, o que mais me chamou a atenção foram essas novidades, assim, com relação a esse **modelo concreto**, né, para poder utilizar. Tudo que aprendi nele eu posso utilizar com meus alunos. Os meses do ano, as horas solares, o plano do horizonte, os pontos cardeais, tudo tem nele, tá tudo nele e os aplicativos ali, **o GeoGebra e o Stellarium, vem para complementar o entendimento.** Eu gostei muito das aulas, achei muito dinâmicas, me interessei bastante, gostei da didática do professor, aulas dinâmicas, práticas, isso daí acaba chamando a atenção do aluno, acho que isso daí acaba prendendo o aluno. **E até a gente comentava que a gente ia motivada para o curso, porque a gente sabia que ia ter uma novidade, uma aula prática, dinâmica, e todas nos ajudaram a**

conseguir, assim, assimilar. *Eu consegui e acho que os colegas também conseguiram pelo que nós conversávamos durante as aulas e também depois das aulas. Agora eu percebo bem de perto que só os livros didáticos não são suficientes para nos ajudar no aprendizado desse conteúdo.* (C6) (Grifo do autor).

*Olha, eu achei muito importante a participação nesse curso em função de que ele apareceu para nós né. Nos despertou um pouco, pois na realidade a gente fica amortecido aqui dentro da sala de aula, a gente não tem essa visão externa. Acredito importante, como crítica e sugestão, ao mesmo tempo, é que nós **tenhamos mais cursos como esse, que nós tenhamos mais tempo para se dedicar e aprender mais e mais.** Porque eu sou bem sincero para ti, eu só fui às aulas do curso, não consegui abrir o material para estudar. Inclusive quando eu soube da entrevista eu pensei: vou dar uma estudada antes, mas, nem isso eu consegui devido ao pouco tempo que tenho. Eu gostaria de ter estudado mais, porque eu acho que o senhor merecia, para dosar esse cabedal de conhecimento dessa área né. E achei muito importante a questão das **cartas solares**, gostei de manusear as cartas. Acho que isso aí vai cativar bastante os alunos. Isso daí eu quero retomar para aplicar com os meus alunos.* (C7) (Grifo do autor).

Eu acho que todas foram interessantes, todas. *Todas porque apesar de eu ter a minha formação em geografia eu tenho também formação em ciências humanas e a época em que fiz o curso nós não tínhamos o quadro de professores, estava bem restrito, na questão da geografia nós não tivemos muitas práticas. Na verdade, quase nenhuma, nenhuma, então assim as práticas que tivemos agora eu julguei todas como importantes, todas interessantes. **Aquela do gnômon e a do Cruzeiro do Sul...** eu particularmente adorei mais a do Cruzeiro do Sul, pois eu gosto, eu sempre fui de olhar as estrelas, observar as constelações, então, particularmente, né, eu gostei mais do Cruzeiro do Sul, super simples né e mostrou para nós o sentido casando com o que a gente tinha feito durante o dia, com as marcações. Eu não tinha feito durante o dia as marcações porque tive que me ausentar devido à aula, mas eu gostei muito.* (C8) (Grifo do autor).

Com base nos relatos dos cursistas, podemos tecer algumas conclusões:

- Quanto às estratégias e materiais: os cursistas destacaram a diversidade de estratégias e de materiais didáticos utilizados durante o curso, incluindo modelo concreto, digital, 3D e 2D. Essa variedade de modelos didáticos facilitou a compreensão e foi considerada importante para o aprendizado.
- Necessidade de mais tempo de curso: vários participantes expressaram o desejo de ter mais tempo para explorar e aprofundar as temáticas abordadas, além de sugerir uma continuação do curso para aprimorar as práticas com os alunos.
- Valorização da atividade prática: as atividades práticas, especialmente aquelas que envolveram a construção e a manipulação do modelo concreto do MDS, foram amplamente valorizadas pelos cursistas, pois proporcionaram a confirmação da teoria com a prática e contribuíram para a compreensão dos conceitos e dos fenômenos astronômicos estudados.

- Impacto positivo na percepção e prática docente: os participantes demonstraram que o curso teve um impacto significativo em sua percepção sobre o Ensino de Astronomia, despertando o interesse por práticas inovadoras e dinâmicas, além de ressaltar a importância da formação continuada.
- Necessidade de mais tempo para estudo: alguns cursistas expressaram a dificuldade de dedicar tempo suficiente ao estudo devido às suas responsabilidades profissionais na Escola, mas manifestaram o desejo de aprofundar seus conhecimentos em astronomia.

Logo, essas conclusões refletem a importância da diversidade de estratégias e de materiais didáticos, principalmente dos modelos didáticos, no Ensino de Astronomia, a valorização das atividades práticas, a necessidade de continuidade e aprofundamento, bem como o impacto positivo do curso, na prática docente e na percepção dos participantes.

8 CONCLUSÕES

As análises realizadas ao longo desta pesquisa evidenciaram que o uso de modelos concretos e virtuais desempenhou um papel fundamental no aprofundamento da compreensão dos professores cursistas sobre os fenômenos astronômicos investigados, isto é, sobre o Movimento Diário do Sol (MDS), 4 pontos cardeais, ciclo dia/noite e estações do ano.

A abordagem prática e teórica, aliada à possibilidade de comprovação por meio de modelos ou artefatos epistêmicos (Gilbert; Justi, 2016), produtos do conhecimento científico humano (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018) demonstrou-se eficaz na promoção da aprendizagem das temáticas e dos conceitos astronômicos trabalhados durante o curso de formação continuada. Os resultados das entrevistas com os cursistas deixaram claro que houve, sim, a construção de conhecimentos e a superação de algumas concepções prévias enraizadas, como, por exemplo: da ideia errônea de que o nascimento e o ocaso do sol ocorrem sempre no ponto cardeal leste/oeste e de que as estações do ano têm como causa principal a proximidade ou afastamento entre o Sol e a Terra.

A inclusão de métodos práticos, como a observação da sombra do gnômon no período diurno e do Cruzeiro do Sul no período noturno, enriqueceu o processo de ensino-aprendizagem de saberes astronômicos, mostrando-se mais eficaz do que a abordagem tradicional baseada apenas no livro didático. Essas atividades práticas, especialmente com relação à construção e manipulação de modelos concretos, foram amplamente valorizadas pelos professores, pois promoveram a conexão entre teoria e prática.

A pesquisa demonstrou que o saber astronômico, especialmente com relação à temática do MDS e fenômenos correlacionados, apesar de aparecer indicado nos documentos curriculares oficiais (Brasil, 2018; Rio Grande do Sul, 2018) ainda não se encontram consolidado na instância do saber ensinado pelos professores, evidenciando a necessidade de uma abordagem mais efetiva na formação inicial e continuada.

O método de ensino baseado em modelos (concretos e virtuais) possui grande potencial para ser aplicado no Ensino Fundamental, com a possibilidade de promover a aprendizagem de temas e conceitos. Nesse sentido, vimos que a diversidade de estratégias e recursos didáticos utilizados, como modelos 2D, 3D,

concretos e virtuais, mostrou-se fundamental para facilitar a compreensão sobre o comportamento e funcionamento dos fenômenos celestes estudados.

Analisando a visão da psicologia cognitiva sobre modelos e modelagem e as falas dos cursistas, observamos a importância que a visualização e a manipulação com base em modelos externos (concretos e virtuais) tiveram no processo de reelaboração dos seus próprios modelos mentais (modelos internos).

Conforme vimos, os modelos mentais desempenham um papel crucial na forma como organizamos e interpretamos as informações que concebemos do mundo externo (Gilbert; Justi, 2016; Moreira; Greca, 2004; Moreira, 2005). Assim, como ressaltado por um dos cursistas, o modelo concreto do MDS auxiliou na reelaboração do seu modelo mental, permitindo uma verdadeira compreensão dos fenômenos:

Ele me ajudou melhor na visualização dos fenômenos e também a compreender melhor como eles funcionam, pois, sem entender como funciona, não tem como a gente ensinar, né! Sem ele eu continuaria utilizando o livro didático, sem tentar levar a uma verdadeira compreensão do aluno desses fenômenos. (C4)

Nesse sentido, a utilização de modelos externos, tanto concretos quanto virtuais, torna-se fundamental para o refinamento e a ampliação dos nossos modelos internos, ou seja, nossos modelos mentais. A interação com esses artefatos do conhecimento ajudou a consolidar a compreensão dos cursistas, permitindo-lhes visualizar de forma mais clara os conceitos abordados. Essa capacidade de manipulação e visualização proporcionada pelos modelos externos, como destacado por Gilbert e Justi (2016), permite que os indivíduos testem hipóteses, experimentem cenários alternativos e explorem soluções de forma segura e controlada.

Conforme mencionado por outro cursista, os modelos didáticos utilizados, principalmente o modelo concreto e o modelo virtual do MDS, auxiliaram não apenas na compreensão da duração do período diurno, mas também na testagem e na comparação dos seus dados com os dados retirados de um modelo científico:

Pelo que a gente calculou no modelo concreto [do MDS] e no do virtual do Geogebra e no [modelo] da NOAA, que comparamos, né! Eles chegam, o modelo concreto e o virtual, eles chegam praticamente a ser idênticos nas medidas, né! Muito próximos daquela medida precisa do modelo da NOAA. (C2)

A aproximação entre as pesquisas de alguns especialistas, de educadores em ciências e a formação continuada com professores revelou-se positiva, com

potencial para contribuir com o processo de transposição didática *Lato Sensu* do saber astronômico, isto é, com a transposição do saber científico para a instância do saber escolar.

Essa interação entre a produção acadêmica e a prática docente pode ser considerada um aspecto confirmatório desta pesquisa, pois tende a facilitar a incorporação dos avanços da pesquisa na formação e prática dos professores no Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental.

Uma limitação deste estudo diz respeito à falta de participação de alguns professores em determinadas atividades práticas, o que pode ter impactado negativamente a compreensão sobre alguns temas e conteúdos.

Devemos considerar ainda o número de professores participantes da formação continuada, que, embora representativo, pode ser considerado uma amostra relativamente pequena para medirmos o impacto de sua abrangência.

Outro fator relevante diz respeito ao problema da conexão com a internet nas escolas, o que dificultou a operacionalidade dos modelos virtuais em alguns momentos. A falta desse recurso dificultou o andamento normal das atividades, sendo necessário alterar o local dos encontros.

Como sugestão de futuras pesquisas, parece-nos importante investigar a aplicação do método de ensino baseado em modelos (concretos e virtuais) diretamente com estudantes do Ensino Fundamental. Além disso, parece fundamental analisar o impacto, a longo prazo, dessa metodologia no ensino-aprendizagem de astronomia na Escola. Outra possibilidade ainda é a expansão da pesquisa para um número maior de professores, em diferentes regiões, para avaliar a abrangência dos resultados.

Portanto, respondendo o nosso problema: a pesquisa evidenciou que a formação pedagógica fundamentada em um ensino baseado em modelos (concretos e virtuais) demonstrou ser eficaz na promoção das aprendizagens de temas e conceitos astronômicos entre os professores, resignificando seus conhecimentos e possuindo um grande potencial para auxiliar na preparação do seu saber ensinado dentro e fora da sala de aula.

Esperamos que essa pesquisa possa contribuir para a compreensão dos desafios e possibilidades do Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. Ao abordarmos os desafios relacionados às concepções prévias dos professores e propormos estratégias de ensino baseado em modelos, com esse estudo oferecemos subsídios

para a melhoria da prática docente e a promoção da aprendizagem de temas e conceitos astronômicos. Os resultados e sugestões apresentados podem nortear futuras iniciativas de formação de professores e o desenvolvimento de propostas didáticas para o Ensino de Astronomia.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín.; MORALES, Laura. El concepto de modelo en la enseñanza de la física – consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 19, n. 1, p. 76-89, 2002.

ALVES, Fernando Roberto Jayme. Do referencial geocêntrico ao heliocêntrico: Ciência, Modernidade e Ensino (From the geocentric reference to the heliocentric: Science, Modernity and Teaching). **Revista GeoNordeste**, n. 1, p. 125-144, 2018. Disponível em: <https://ufs.emnuvens.com.br/geonordeste/article/view/6601>. Acesso em: 1 abr. 2024.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das Ciências**. Tradução Magda Sento Sé Fonseca. Campinas (SP): Papyrus, 1995.

BARRABÍN, J. M. ¿Por qué hay veranos y inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. **Enseñanza de las ciencias**, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1995. Disponível em: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v13-n2-manuel/2177>. Acesso em: 5 mar. 2022.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Astronomia no 1º grau: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores**. 1998. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

BORGES, Jorge Luis. Atlas. São Paulo: Companhia das Letras, 1984.

BUFFON, Alessandra Daniela; NEVES, Marcos César Danhoni; PEREIRA, Ricardo Francisco. O ensino da Astronomia nos anos finais do ensino fundamental: uma abordagem fenomenológica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, p. e22006, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320220006>. Acesso em: 11 jan. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Astronomia (PNA)**. Comissão Especial de Astronomia. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/sab/comissoes/cea/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais**. Brasília. MEC/SEMTEC. 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf. Acesso em: 10 abr. 2022.

BUNGE, Mario. **Teoria e Realidade**. Tradução: Gita K. Guinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974.

CACHAPUZ, A. *et al.* (Org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMINO, Néstor. Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 81-96, 1995. Disponível em: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v13-n1-camino/2193>. Acesso em: 2 mar. 2022.

CANALLE, João Batista Garcia. O problema do ensino da órbita da Terra. **Física na Escola**, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/?v4n2a06.pdf>. Acesso em: 12 maio 2022.

CANALLE, João Batista Garcia. Explicando astronomia básica com uma bola de isopor. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 3, p. 317-334, 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6797>. Acesso em: 13 maio 2022.

CANIATO, R. Ato de fé ou conquista do conhecimento. Um episódio na vida de Joãozinho da Maré. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, ano 6, n. 2, abril/junho, p. 31-37, 1983. Disponível em: http://200.144.244.96/cda/cursos/2017/estacao-do-ano/aula-3-visao-do-espaco/Joaozinho_da_Mare.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.

CAPES. **Documento da área - Área 46: Ensino**. MEC, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ENSINO.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

CARVALHO, T. F. G.; PACCA, J. L. A. (2012). **Ensino de Astronomia: uma sala de aula a céu aberto**. Atas do II SNEA. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012_TCO27.pdf. Acesso em: 24 fev. 2024.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado**. Tradução de Claudia Gilman, 3. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2005.

COSTA, A. A.; GOMÉZ, V. R. La Astronomía en la enseñanza obligatoria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.7, n.2, p.201-205, 1989.

CUPANI, Alberto; PIETROCOLA, Maurício. A relevância da epistemologia de Mário Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, número especial. p. 96-120. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/issue/archive>. Acesso em: 12 abr. 2022.

DANUELLO, J. C.; AMADEI, J. R. P.; FERRAZ, V. C. T. **Guia para elaboração de referências**. ABNT NBR 6023:2018. Universidade de São Paulo (USP). Bauru, 2023. Disponível em: <https://usp.br/sddarquivos/arquivos/abnt6023.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2024

D'AMORE, Bruno. **Epistemologia e didática da matemática**. Tradução Maria Cristina Bonomi Barufi. São Paulo: Escrituras Editora, 2005.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

DIAS, M. B., & HOUSOME, Y. (2011). **Avaliação de um curso de Astronomia para a EJA em atividades de formação continuada de professores**. Atas do I SNEA. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_TCO18.pdf. Acesso em: 26 fev. 2024.

DINIZ, T. A.; BATISTA, M. C.; BUFFON, A. D.; MARTINS, A. D. Análise de produções sobre a formação de professores de ciências dos anos finais do ensino fundamental e o ensino de astronomia. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.] , v. 11, pág. e335111133414, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33414>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FARIA, R. P. **Fundamentos de astronomia**. 3. ed. Campinas, São Paulo: Papyrus, 1987.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogias en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**. v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4000>. Disponível em: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v19-n2-galagovsky-aduriz>. Acesso em: 12 maio 2021.

GILBERT, John K.; JUSTI, Rosária. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Switzerland: Springer international publishing, 2016. *E-book* (264 p.). ISBN 978-3-319-29039-3.

GONZATTI, S. E. M. et al. (2014). **Astronomia desencadeando possibilidades diferenciadas no ensino de Ciências dos anos iniciais**. Atas do III SNEA. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/snea3/sites/default/files/SNEA2014_TCO23.pdf . Acesso em: 22 fev. 2024.

HERRMANN, J. **Atlas de Astronomia**. Tradução de Miguel Paredes Larruca. Madrid: Alianza Editorial, S. A. 1983.

HOGBEN, L. **Maravilhas da Matemática: Influência e função da matemática nos conhecimentos humanos**. Porto Alegre: Globo, 1970).

HONORATO, A.; FLORCZAK, M. A. Um recorte sobre a educação em astronomia nas escolas municipais de Curitiba: documento oficial e professores. *In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA*, 4., 2016, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: UFG; IFG, 2016. p. 1-11. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016_TCO10.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

LANGHI, Rodolfo. **Um Estudo Exploratório para a Inserção da Astronomia na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental**.

Dissertação. (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru. São Paulo, 2004.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, 2007. Disponível em:

<https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/403176>. Acesso em: 10 maio 2022.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 4402-4412, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jPYT5PRkLsy5TJQfM8pDWKB/?lang=pt>. Acesso em: 6 jan 2024.

LANGHI, Rodolfo. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 28, n. 2, p. 373-399, jan. 2011. DOI:

<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n2p373>. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>. Acesso em: 5 maio 2022.

LE MOIGNE, Jean-Louis. **A Teoria do Sistema Geral: Teoria da Modelização**.

Tradução de Jorge Pinheiro. Coleção Pensamento e Filosofia. Lisboa: Instituto Piaget, 1977.

LEITE, Cristina. **Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia**. 2002. Dissertação. (Mestrado em Educação). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

LEITE, Miriam Soares. **Contribuições de Basil Bernstein e Yves Chevallard para a discussão do conhecimento escolar**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação, Rio de Janeiro, 2009.

LÜDKE, Menga.; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, Marco A.; GRECA, Ileana M.; PALMERO, Maria L. R. Modelos Mentales Y Modelos Conceptuales en la Enseñanza & Aprendizaje de las Ciencias. *In: MOREIRA, Marco A.; GRECA, Ileana M. (Org.). Sobre Cambio Conceptual, Obstáculos Mentales, Esquemas de asimilación y Campos Conceptuales*. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

MOREIRA, Marco A. Modelos Mentais. *In*: MOREIRA, Marco A. (Org.).

Representações Mentais, Modelos Mentais e Representações Sociais: Textos de Apoio para Pesquisadores em Educação em Ciências. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

MORAES, Roque.; GALIAZZI, Maria C. **Análise textual discursiva.** Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica.** Porto Alegre: UFRGS, 2000.

OLIVEIRA, A. B. O. et al. (2014). **O relato de um curso introdutório em Astronomia para professores da rede pública da região de Itapetininga.** Atas do III SNEA. Disponível em:

http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/snea3/sites/default/files/SNEA2014_TCP81.pdf.

Acesso em: 22 fev. 2024.

OSTERMANN F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999.

OURIQUE, Pedro Antônio. Cônicas. Modelo Digital elaborado com o uso do software GeoGebra. [Software on-line]. Mannheim: Geogebra, 20 de junho de 2021.

Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af#material/fgekddst>. Acesso em: 18 mai. 2024.

PAIS, Luiz Carlos. Transposição didática. *In*: MACHADO, Silvia Dias Alcântara *et al.* (Org.). **Educação Matemática: uma introdução.** São Paulo: EDUC, 1999. p. 13-42.

PAULA, A. S. P.; OLIVEIRA, H. J. Q. Análises e propostas para o ensino de Astronomia. **Centro de Divulgação de Astronomia.** São Paulo: USP, 2002.

Disponível em: <http://200.144.244.96/cda/producao/sbpc93/index.html#r000>. Acesso em: 5 maio 2022.

PAVÃO, Antônio Carlos (Coord.). **Ciências: Ensino Fundamental.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2010. 212 p. (Coleção Explorando o Ensino; v. 18).

PINHEIRO, Terezinha F.; PIETROCOLA, Maurício.; ALVES-FILHO, José P. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. *In*: PIETROCOLA, Maurício. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

PINTO LEIVAS, José Carlos; NORONHA CURY, Helena. Transposição Didática: Exemplos de educação matemática. **Educação Matemática em Revista,** Rio Grande do Sul, v. 1, n. 10, p. 65-74, abr. 2012. Disponível em:

<http://sbemrevista.kinghost.net/revista/index.php/EMR-RS/issue/view/110> Acesso em: 12 mar. 2022.

PRADO, Andréia Fernandes; NARDI, Roberto. Formação de professores dos anos iniciais e saberes docentes mobilizados durante um curso de formação em astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 29, p. 103-116, 2020. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/461>. Acesso em: 22 fev. 2024.

RAMOS, Jonas. Atos & Fatos. **Informe semanal da Universidade de Caxias do Sul** – junho de 2008 – n.º 763.

RICHARDSON, Roberto Jarry.; PERES, José Augusto de Souza. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3.ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1999.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual de Educação -SEDUC-RS. **Referencial Curricular Gaúcho**. 2018. Disponível em: <https://educacao.rs.gov.br/upload/arquivos/202102/17175700-rcg-ef-completo.pdf> Acesso em: 02 fev. 2024.

SANTOS, I. S. et al. (2014). **Concepções de estudantes de Pedagogia e Filosofia da UFRB com relação a temas de Astronomia**. Atas do III SNEA. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/snea3/sites/default/files/SNEA2014_TCO2.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

SANZOVO, D. T.; GONÇALVES, M. L. C.; QUEIROZ, V.; LUCAS, L. B. Estratégias Metodológicas para o Ensino de Astronomia em Cursos de Formação de Professores nas Publicações do SNEA e da RELEA. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos (SP), n. 30, p. 65–82, 2021. DOI: 10.37156/RELEA/2020.30.065. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/490>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; GIOVANNINI, O. Um modelo para o movimento anual do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 27, n. 1, p. 7-25, abr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n1p7>. Acesso em: 1 mar. 2021.

SILVA, Fernando Siqueira da. **Objetos-modelo no ensino de astronomia e o processo da transposição didática**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de Caxias do Sul. Programa de Pós-Graduação em Educação, Caxias do Sul, 2011.

SILVA, Fernando Siqueira da. Ensinar e Aprender: os dois lados da mesma moeda. In: STECANELA, Nilda. (Org.). **Diálogos com a Educação: intimidades entre a escrita e a pesquisa**. Caxias do Sul/RS: Educs, 2012. p. 133-145.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0029>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco. Os modelos no Ensino de Ciência: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0248>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco; DUTRA, Carlos Maximiliano. Geometria solar na escola: uma prática com cartas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0520>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/>. Acesso em: 12 maio 2022.

SILVA, Fernando Siqueira da; OURIQUE, Pedro Antônio; CATELLI, Francisco; MACHADO, Michel Mansur; DUTRA, Carlos Maximiliano. REA no Ensino de Astronomia. In: MACHADO, M. M.; DUTRA, C. M.; RUPPENTHAL, R. (Org.). **Grupos de Pesquisa em Ação: Contribuições para o Desenvolvimento da Educação Científica**. Curitiba: Editora CRV, 2022. Disponível em: <https://www.editoracrv.com.br/uploads/pdfs/1659642222-grupos-de-pesquisa-em-acao.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SILVA, Fernando Siqueira da; OURIQUE, Pedro Antônio. Carta Solar. **Modelo Digital elaborado com o uso do software GeoGebra**. [Software on-line]. Mannheim: Geogebra, 17 de outubro de 2023a. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af#material/fgekddst>. Acesso em: 18 mai. 2024.

SILVA, Fernando Siqueira da; OURIQUE, Pedro Antônio. Ensino de Astronomia Baseado em Modelos. **Livro Digital elaborado com o uso do software GeoGebra**. [Software on-line]. Mannheim: Geogebra, 26 de novembro de 2023b. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>. Acesso em: 18 mai. 2024.

SILVA, Fernando Siqueira da; FRANCO, Ronan Moura; DUTRA, Carlos Maximiliano. O papel social do professor e os desafios da sua formação na educação em ciências. *Revista Areté*. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**. 2024. ISSN 1984-7505. *No prelo*.

SLOVINSCKI, L.; ALVES-BRITO, A.; MASSONI, N. T. Um diagnóstico da formação inicial de professores da área de ciências da natureza na perspectiva do ensino de astronomia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230110, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0110>. Acesso em: 25 fev. 2024.

SOBREIRA, Paulo Henrique Azevedo. Estações do ano: concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010.

TIGNANELLI, H. L. Sobre o ensino da astronomia no ensino fundamental. In: WEISSMANN, H. (org.). **Didática das ciências naturais**: contribuições e reflexões. Porto Alegre: Artmed, 1998.

VERRET, Michel. **Le temps des études**. Lille: Atelier de Réproduction des Thèses, 1975.

VESENTINI, José William; MARTINS, Dora; PÉCORÁ, Marlene. **Geografia 3º Ano: ÂPIS**. São Paulo: Ática, 2011. PNLD: 2013/2014/2015.

APÊNDICE A - Questionário de Pesquisa

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

Prezadas (os), olá!

Gostaria de convidá-las(os) a participar de um estudo intitulado: “Ensino de Astronomia Baseado em Modelos para o Ensino Fundamental”. A referida pesquisa tem como objetivo geral verificar a viabilidade do ensino da temática astronômica do movimento diário do Sol através de modelos concretos e virtuais. Esta pesquisa faz parte da minha Tese de doutorado, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da UNIPAMPA.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo ciência de que:

1. Conheço o objetivo da pesquisa.
2. Não será exigida qualquer identificação pessoal minha.
3. Os dados serão utilizados exclusivamente para esta pesquisa.

Concordo em participar dessa pesquisa?

() Sim () Não

Agradecemos a atenção e colocamo-nos à disposição para eventuais esclarecimentos.

RESPONSÁVEL: Fernando Siqueira da Silva

E-mail: fernandoda@unipampa.edu.br

Fone: (55) 99970-3083

O referido questionário foi adaptado de Honorato e Florczak (2016).

- **Em relação à formação dos participantes** -

Apelido:
Formação:

Ensino Superior:	<input type="checkbox"/> Completo	<input type="checkbox"/> Incompleto	<input type="checkbox"/> Cursando
Especialização:	<input type="checkbox"/> Completo	<input type="checkbox"/> Incompleto	<input type="checkbox"/> Cursando
Mestrado:	<input type="checkbox"/> Completo	<input type="checkbox"/> Incompleto	<input type="checkbox"/> Cursando
Doutorado:	<input type="checkbox"/> Completo	<input type="checkbox"/> Incompleto	<input type="checkbox"/> Cursando
Área de formação:			
Ensino Superior:.....			
Especialização:.....			
Mestrado:.....			
Doutorado:.....			
Atualmente, em qual ano do Ensino Fundamental você leciona?	Você leciona conteúdos de ciências em suas aulas? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Tempo de exercício na profissão:.....			
1. Em sua formação inicial , você chegou a cursar alguma disciplina envolvendo conteúdos ou temáticas de Astronomia? Caso afirmativo, poderia dizer sucintamente sobre como foi essa experiência?			
2. Durante a sua formação continuada , você fez algum curso envolvendo conteúdos ou temáticas de astronomia? Caso afirmativo, poderia dizer sucintamente sobre como foi essa experiência?			

- **Em relação ao planejamento** -

1. Você conhece a Unidade Temática “Terra e Universo” proposta pela BNCC (2018) para o Ensino de Ciências no Ensino Fundamental?
2. <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3. Você sabe como é sugerido o Ensino de Astronomia da BNCC (2018)?

Sim Não

4. Caso tenha conhecimento sobre a Unidade Temática “Terra e Universo” presentes na BNCC (2018), como você a utiliza em seu planejamento?

5. Você julga que a Unidade Temática “Terra e Universo” da BNCC (2018) ajuda na seleção dos conteúdos de Astronomia a serem trabalhados no Ensino Fundamental?

6. Quais são as fontes ou materiais de consulta para auxiliar no preparo das suas aulas envolvendo conteúdos, ou temas de astronomia?

- Em relação ao material didático e o Ensino de Astronomia -

1. Você acredita que é necessário um material didático especializado para o professor utilizar com seus alunos no Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental? Por quê?

2. Dos tópicos abaixo, quais você julga importantes conter em um material didático especializado para o Ensino de Astronomia na Escola?

Escolha três tópicos e classifique-os por ordem de importância: 1º, 2º, 3º?.

Apenas conteúdos

Conteúdos e propostas de metodologia de ensino

Atividades práticas de construção e utilização de modelos tridimensionais

Atividades envolvendo Tecnologias da Informação e Comunicação

Imagens ou figuras

() Textos complementares

Outros:.....

3. Caso tenha lecionado, quais **conteúdos e temáticas de astronomia** você já lecionou no Ensino Fundamental?

4. Você já lecionou sobre o fenômeno do **movimento diário do Sol**?

Caso, **afirmativo**: em qual ano escolar você explica esse fenômeno e qual fonte (ou material) utiliza para preparar a sua aula?

Caso **negativo**: fale então como você explicaria esse fenômeno e qual ano escolar e fonte utilizaria?

5. Você já lecionou sobre como localizar os **4 pontos cardeais**?

Caso, **afirmativo**: em qual ano escolar você explica esse conteúdo e qual fonte (ou material) utiliza para preparar a sua aula?

Caso **negativo**: fale então como você explicaria esse conteúdo e qual ano escolar e fonte utilizaria?

6. Você já lecionou sobre o fenômeno do **nascimento e ocaso (pôr) do Sol**?

Caso, **afirmativo**: em qual ano escolar você explica esse fenômeno e qual fonte (ou material) utiliza para preparar a sua aula?

Caso **negativo**: fale então como você explicaria esse fenômeno e qual ano escolar e fonte utilizaria?

7. Você já lecionou sobre o fenômeno do **dia e da noite**?

Caso, **afirmativo**: em qual ano escolar você explica esse fenômeno e qual fonte (ou material) utiliza para preparar a sua aula?

Caso **negativo**: fale então como você explicaria esse fenômeno e qual ano escolar

e fonte utilizaria?

8. Você já ensinou sobre o fenômeno das **estações do ano**?

Caso, **afirmativo**: em qual ano escolar você explica esse fenômeno e qual fonte (ou material) utiliza para preparar a sua aula?

Caso **negativo**: fale então como você explicaria esse fenômeno e qual ano escolar e fonte utilizaria?

APÊNDICE B - Entrevista de Pesquisa

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

Prezada (o), olá.

Gostaria de convidá-la(o) a participar de uma entrevista semiestruturada, com o objetivo geral de verificarmos a viabilidade do ensino da temática astronômica do movimento diário do Sol baseado em modelos concretos e virtuais. Esta pesquisa faz parte da minha Tese de doutorado, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da UNIPAMPA.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo ciência de que:

1. Conheço o objetivo da pesquisa.
2. Não será exigida ou divulgada qualquer identificação pessoal minha.
3. Os dados serão utilizados exclusivamente para esta pesquisa.

a) Concorda em participar dessa entrevista?

Sim Não

b) Concordo que a entrevista seja gravada em áudio e vídeo desde que a minha imagem ou identificação seja plenamente preservada?

Sim Não

Nome/Apelido:

1) Sobre o fenômeno do **movimento diário do Sol**, você chegou a aprender algo novo? Há alguma dúvida ou questão que você não conseguia dar conta, e agora você consegue responder sobre este assunto? Gostaria de comentar?

2) Sobre a localização dos **4 pontos cardeais**, você chegou a aprender algo novo? Há alguma dúvida ou questão que você não conseguia dar conta, e agora você consegue responder sobre este assunto? Gostaria de comentar?

- 3) Sobre o fenômeno do **nascimento e do pôr do Sol**, você chegou a aprender algo novo? Há alguma dúvida ou questão que você não conseguia dar conta, e agora você consegue responder sobre este assunto? Gostaria de comentar?
- 4) Sobre o fenômeno do **dia e da noite** você chegou a aprender algo novo? Há alguma dúvida ou questão que você não conseguia dar conta, e agora você consegue responder sobre este assunto? Gostaria de comentar?
- 5) Sobre o fenômeno das **estações do ano**, você chegou a aprender algo novo? Há alguma dúvida ou questão que você não conseguia dar conta, e agora você consegue responder sobre este assunto? Gostaria de comentar?
- 6) Sobre o método de ensino-aprendizagem utilizado, baseado em modelos, você acredita que possa ter sido útil para a sua aprendizagem?
- 7) Você aplicaria este método com seus alunos? A partir de qual ano você pensa que ele poderia ser empregado? Existe alguma dúvida ou observação que você gostaria de fazer a esse respeito?
- 8) Digamos que você esteja interessado em obter a maior incidência dos raios solares na parte da frente de sua casa, sob qual direção ela deveria ser construída?
- 9) Em que época do ano, próximo ao meio-dia, a sombra produzida pelo Sol nos objetos é mais curta? O que isso significa?
- 10) Você saberia dizer em que época do ano, em sua região, o Sol fica a maior parte do tempo acima do horizonte?
- 11) O que mais lhe chamou a atenção nas atividades? Você teria alguma sugestão ou crítica a fazer a esse respeito?

APÊNDICE C - Geometria Solar na Escola: uma prática com Cartas Solares

GEOMETRIA SOLAR NA ESCOLA: UMA PRÁTICA COM CARTAS SOLARES

SOLAR GEOMETRY AT SCHOOL: A PRACTICE WITH SOLAR CHARTS

Fernando Siqueira da Silva [fernandoda@unipampa.edu.br]

Universidade Federal do Pampa

Rua Vereador Alberto Benevenuto, n. 3200, São Borja, Rio Grande do Sul, Brasil

Francisco Catelli [fcatelli@ucs.br]

Universidade de Caxias do Sul

Rua Francisco Getúlio Vargas, n. 1130, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

Carlos Maximiliano Dutra [carlosdutra@unipampa.edu.br]

Universidade Federal do Pampa

BR 472 - Km 585, RS, 97501-970, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo

Neste artigo focalizamos o nosso estudo no movimento diário Sol projetado sobre cartas solares, um saber mais elaboradamente investigado nos cursos superiores de arquitetura e engenharias, com inúmeras aplicações práticas. Um saber também sugerido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) para a área das Ciências da Natureza, devendo ser estudado a partir do 2º ano do Ensino Fundamental. Falaremos então do movimento do Sol e de sua projeção sobre cartas solares, um assunto que, devido aos inúmeros objetos-modelo conceituais envolvidos, deveria ser investigado a partir dos anos finais do Ensino Fundamental, a partir do 8º ano e, principalmente, no Ensino Médio, onde o conhecimento adquirido no Fundamental deve então ser ampliado e aprofundado. Assim, neste artigo, buscamos fornecer aos leitores um entendimento inicial e importante sobre o que é, para o que serve e como funciona uma carta solar, bem como, alguns de seus fundamentos básicos. Ao final, a título de exemplo, sugerimos alguns problemas que poderão ser resolvidos na Escola. Esperamos com este trabalho fornecer subsídios ao estudo de pesquisadores, professores e alunos, principalmente aqueles dos anos finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, onde também se observa uma maior carência de materiais didáticos de astronomia.

Palavras-chave: Modelização; Ensino de astronomia; Material didático; Movimento diário do Sol; Carta solar.

Abstract

In this article we focus our study on the daily Sun movement projected on solar charts, a knowledge more elaborately investigated in higher education courses in architecture and engineering, with numerous practical applications. A knowledge also suggested by the National Common Curricular Base (BNCC, 2018) for the area of Natural Sciences, and should be studied from the 2nd year of Elementary School. We will then talk about the movement of the Sun and its projection on solar charts, a subject that, due to the countless conceptual model objects involved, should be investigated from the final years of Elementary School, from the 8th year on, and mainly in Teaching Medium, where the knowledge acquired in Fundamental must then be expanded and deepened. Thus, in this article, we seek to provide readers with an initial and important understanding of what a solar charger is, what it is for and how it works, as well as some of its basic foundations. At the end, as an example, we suggest some problems that can be solved at the School. With this work we hope to provide subsidies to the study of researchers, teachers and students, mainly those of the final years of Elementary School and High School, where there is also a greater lack of astronomy teaching materials.

Keywords: Modeling; Teaching astronomy; Didactic material; Daily movement of the Sun; Solar chart.

1. O MOVIMENTO DIÁRIO DO SOL E A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC, 2018)

Neste artigo centralizamos o nosso estudo no movimento diário do Sol geometricamente projetado sobre a carta solar; trata-se de um saber científico [1] mais elaboradamente estudado nos cursos superiores de arquitetura e engenharias, onde se observa múltiplas formas de aplicação prática; um saber interdisciplinar que acreditamos seja também do interesse das licenciaturas em Ciências da Natureza, da formação de professores no Ensino de Astronomia, pois, aparece como um saber a ensinar [1] regulamentado na literatura oficial brasileira, devendo ser empregado, inicialmente, respeitando-se o nível de desenvolvimento das crianças, a partir do 2º ano do Ensino Fundamental. Atualmente, observamos que o saber do movimento diário do Sol é explicitamente indicado na Base Nacional Comum Curricular [2], documento que normatiza e define em âmbito distrital, estadual e municipal, as aprendizagens escolares essenciais que todo estudante precisa ter acesso, como um “objeto de conhecimento” da Unidade Temática “Terra e Universo” [2, p.321-347], devendo ser trabalhado pelo professor escolar nas aulas de Ciências da Natureza a partir do 2º ano do Ensino Fundamental; é momento de se desenvolver habilidades e competências para descrever o movimento do Sol em comparação com a projeção da sombra solar nos objetos, respeitando-se os dois anos iniciais do letramento, portanto, sem a necessidade de explicações excessivamente conceituais ou abstratas, o que é uma prerrogativa dos demais anos escolares, de modo gradual e progressivo, conforme depreende-se do documento na sequência dos quadros.

Quadro 1: Ciências no 2º ano do Ensino Fundamental (Adaptado da BNCC, 2018, p. 334-5)

Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Movimento aparente do Sol no céu¹⁰	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada.

O documento oficial parece sugerir uma continuidade na abordagem do movimento diário do Sol, que de modo progressivo deverá atingir os outros anos escolares, até chegar no 5º e 6º anos. Assim, a partir do 3º ano a “observação do céu” se torna o próximo “objeto de conhecimento”, que deverá permitir o desenvolvimento de habilidades e competências que vão desde observações diurnas do Sol até observações noturnas das demais estrelas celestes, com a devida identificação e registro dos períodos em que esses objetos podem ser observados; o documento nos leva a pensar em propostas de educação informal e não-formal para o desenvolvimento dessas habilidades (quadro 2), isto é, em atividades educativas que normalmente ocorrem fora dos ditames da sala de aula, como por exemplo, as que ocorrem no cotidiano, em um diálogo, em uma conversa com um amigo (informal), ou ainda, àquelas atividades possuidoras de um certo grau de intencionalidade (não formal), como por exemplo, as que são desenvolvidas nos museus, nas feiras de ciências, nos planetários e nos clubes de astronomia, entre outros ambientes, em que os alunos são livres para decidir os seus métodos e formas de aprendizagens [5].

Quadro 2: Ciências no 3º ano do Ensino Fundamental (Adaptado da BNCC, 2018, p. 336-7)

Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
------------------	-------------------------	-------------

¹⁰A BNCC usa uma única vez a expressão “movimento aparente do Sol no céu” para falar do movimento diário que o Sol faz no céu, tal como observamos aqui da Terra. Porém, essa é uma expressão em desuso e deverá ser revista na próxima revisão do documento oficial em 2025, visto que poderá passar ao leitor uma ideia errônea de que esse é um movimento falso, inexistente, quando na verdade não é isso, pois observamos o movimento do Sol cotidianamente. Acontece que o termo “movimento aparente” é uma definição de Isaac Newton, cunhada em 1687 em sua mais célebre obra: Principia - Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - como sendo um sinônimo de movimento “relativo”, “comum” que de algum modo pode ser alcançado pelos sentidos, o qual é distinto daquele movimento “absoluto”, “verdadeiro”, “matemático”, o qual não é imediatamente perceptível [3, p.6-14]. Assim, o termo “movimento diário do Sol” parece-nos o mais adequado, conforme utilizam [4].

Terra e Universo	Observação do céu	(EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.
------------------	--------------------------	--

No 4º ano escolar exige-se dos alunos uma progressão no saber, um novo avanço em relação às habilidades e competências dos anos anteriores, que agora precisam identificar novas relações com o auxílio dos seus registros da sombra solar em um gnômon (estaca vertical fincada ao solo) a fim de definirem os 4 pontos cardeais. O documento parece indicar uma abordagem um pouco mais conceitual a partir do 4º ano do Fundamental, pois além de sugerir a identificação das direções norte-sul, leste-oeste, sugere compará-las ainda com as direções indicadas em uma bússola (quadro 3). É um momento bastante propício para trabalhar as distinções entre o norte geográfico e o norte magnético. Novamente, ao analisarmos as sugestões para o 4º ano, podemos deduzir a necessidade de propostas de educação informal e não-formal para o saber a ensinar.

Quadro 3: Ciências no 4º ano do Ensino Fundamental (Adaptado da BNCC, 2018, p. 338-9)

Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon). (EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola.

Observamos assim, que no 2º ano do Fundamental o movimento diário do Sol é explicitamente indicado como um “*objeto de conhecimento*” a ser trabalhado pelo professor escolar sem a necessidade de relações excessivamente conceituais ou abstratas. Assim, nessa fase do letramento, do aprender a ler e a escrever, há um menor nível de exigência; uma abordagem que gradativamente se intensificará entre os 5º e 6º anos, quando esse saber reaparece, apesar de “implícito” entre as habilidades e competências exigidas. O movimento diário do Sol ressurgiu, portanto, numa etapa de transição entre o último ano da etapa inicial (5º ano) e o primeiro ano da etapa final (6º ano) do Ensino Fundamental, embora não mais explicitamente como um objeto de conhecimento. Assim, apenas entre o 5º e o 6º ano é indicado um estudo mais conceitual, que deverá ser relacionado aos movimentos de rotação e translação da Terra (quadro 4). A associação agora exige um ir além de uma simples observação e identificação da sombra solar em uma estaca vertical, em diferentes períodos; um ir além de uma concepção sobre os 4 pontos cardeais; requer um pensar mais abstrato a respeito do movimento diário do Sol, isto é, requer um “*associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.*” [2, p. 341]. O documento nos faz pensar, pela primeira vez, em educação formal para o desenvolvimento do saber a ensinar, quer dizer, em atividades educativas do espaço escolar.

Quadro 4: Ciências no 5º e 6º anos do Ensino Fundamental (Adaptado da BNCC, 2018, p. 340-5)

Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo 5º ano	Constelações e mapas celestes Movimento de rotação da Terra	(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.

Terra e Universo 6º ano	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.
--------------------------------	---	---

Nos demais anos do Ensino Fundamental o conhecimento do movimento diário do Sol desaparece. Exceto no 8º ano escolar, quando é sugerido o estudo das estações do ano, que deverá ser desenvolvido através da representação dos movimentos de rotação e translação da Terra e sua inclinação, com o auxílio de modelos didáticos tridimensionais. Este é um momento importante para avançar na compreensão do movimento que o Sol faz, diariamente, sempre em sentido contrário ao da rotação da Terra, um movimento que, devido também à inclinação do eixo de rotação da Terra, associado ao movimento de translação, terá alterada a sua trajetória no céu, dia após dia, lenta e gradualmente, delimitando as estações do ano. O movimento diário do Sol desaparece assim da Educação Básica, pois não se observa qualquer indicação do seu estudo no Ensino Médio.

Quadro 5: Ciências no 8º ano do Ensino Fundamental (Adaptado da BNCC, 2018, p. 349)

Unidade Temática	Objetos de Conhecimento	Habilidades
Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua Clima	(EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.

Devemos reconhecer que o documento oficial é feliz em colocar no Ensino Fundamental um tema de tamanha relevância para a sociedade, porém, acreditamos que a compreensão do movimento diário do Sol deveria ser estimulada ao longo de todas as etapas do Ensino Fundamental, respeitando-se os níveis de desenvolvimento dos alunos, não apenas até o 5º e 6º ano, uma vez que conforme o próprio documento oficial existe a compreensão de que a curiosidade dos alunos tende a ser mais aguçada nos anos finais, pois, percebe-se *“uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos”* [2, p. 343], momento em que são explorados *“aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente”* [2, p. 343].

Portanto, neste artigo, reunimos alguns conceitos fundamentais em torno do movimento diário do Sol que, esperamos, servirão de base para o estudo de professores e alunos, principalmente para ser investigado a partir do 8º ano do Fundamental e também no decorrer do Ensino Médio; nas diferentes etapas da educação escolar que requerem dos alunos uma maior compreensão conceitual da realidade; onde também, infelizmente, parece haver uma maior carência de materiais didáticos de astronomia [6-7]. Trata-se de um conhecimento que será abordado neste trabalho por meio das cartas solares: um tipo de representação plana do movimento diário do Sol. Procuramos assim, ao longo do texto, desenvolver uma abordagem conceitual sobre o que é, o que faz, para que serve e como se projeta uma carta solar, abrangendo alguns de seus principais fundamentos. Ao final do texto, sugerimos alguns problemas que poderão ser explorados na escola com auxílio do modelo computacional SOL-AR 6.2; assim, caso o leitor decida pular a parte mais conceitual e ir direto para atividades práticas, disponibilizamos um resumo dos principais conceitos envolvidos em uma carta solar (veja o quadro 6).

Ressaltamos que, recentemente, iniciamos outra pesquisa envolvendo o movimento diário do Sol, resultado de um projeto mais amadurecido no Ensino de Astronomia, com o desafio de agora instrumentalizarmos a prática dos professores escolares dos anos iniciais do Ensino Fundamental, especialmente daqueles da etapa de transição, entre o 5º e 6º anos, conforme apontado pela BNCC (2018); etapa em que é exigido um maior nível de abstração dos alunos se comparado ao exigido nos anos bem iniciais. Esta pesquisa, em andamento, é continuação de um estudo [8-9] que passará por um processo mais amplo de transposição, trabalhado ao nível lato sensu da teoria da transposição

didática [1] o qual buscará dar mais segurança didática aos professores escolares de ciências, normalmente inseguros para trabalhar com os objetos astronômicos em suas práticas pedagógicas: devido, em especial, a sua formação inicial incipiente [10]; profissionais que ainda carecem de formação continuada em Ensino de Astronomia, os quais devem contar com o auxílio de outros materiais didáticos contemporâneos, indo além do livro didático de ciências, para desenvolverem suas práticas educativas [11]¹¹.

Sublinhamos, por fim, que a testabilidade das cartas solares com alunos da fase de transição (5º e 6º anos) não é algo que recomendamos, uma vez que requer uma proposta de ensino-aprendizagem que dê conta das estações do ano, uma habilidade do 8º ano, conforme indicado pelo documento oficial. Além disso, exige uma compreensão mais conceitual sobre projeções estereográficas e as representações que elas produzem, portanto, um assunto que nos parece pertinente a partir dos anos finais do Ensino Fundamental, quando se identifica uma maior e progressiva capacidade de abstração dos estudantes.

Ao falarmos em carta solar, portanto, neste artigo, consideramos abordar apenas uma das múltiplas possibilidades de aplicação prática do movimento diário do Sol em nosso cotidiano; falaremos ainda de algumas noções e conceitos básicos de astronomia que poderão nos auxiliar no entendimento; ao falarmos em carta solar, portanto, consideramos o estudo do movimento diário Sol na esfera celeste sendo geometricamente projetado sobre um plano, o plano do horizonte. Falaremos, então, de projeções de trajetórias e de localizações de pontos, de medições de ângulos e de direções.

2. O QUE É UMA CARTA?

Um assunto comum em Cartografia, as expressões mapa e carta podem ser entendidas, resumidamente, como formas de representação gráfica do globo terrestre em um plano. Expressões que, embora algumas vezes confundidas como palavras de mesmo significado, possuem finalidades distintas que inicialmente precisamos distinguir.

Segundo o cartógrafo Anderson [13] os conceitos de mapa e de carta aparentemente quase não possuem diferenças, sendo, portanto, uma tarefa bastante difícil apontar uma separação definitiva entre os seus significados. Sabe-se que a noção de mapa surgiu na idade média para designar as representações da superfície terrestre e, a partir do século XIV, ganhou um novo vocábulo entre os navegadores que passaram a denominá-lo simplesmente como sinônimo de Carta. Atualmente, do ponto de vista da medida, a principal diferença está na escala utilizada, geralmente pequena para os mapas, média ou grande para as cartas. Contudo, de acordo ainda com o cartógrafo, é aceitável uma distinção mais simplificada: enquanto os mapas representam a superfície terrestre conforme os seus atributos geográficos, quase sempre com alguma finalidade cultural, ilustrativa ou científica, as cartas, por outro lado, representam a superfície terrestre de forma um pouco mais prática, permitindo medir distâncias, determinar direções e localizar pontos.

De acordo com marinheiro Miguens [14] os mapas e as cartas são representações gráficas do globo terrestre em uma superfície plana que apresentam finalidades distintas. Enquanto os mapas têm o papel de representar a superfície terrestre em um plano, esboçando informações geográficas, políticas ou econômicas, “*servindo apenas como fins ilustrativos ou culturais e exibindo suas informações por meio de cores e símbolos*” [14, p.15]; as cartas, por sua vez, também representam a superfície terrestre em um plano, mas com a finalidade de servir de orientação aos navegadores ou ainda para auxiliar em outras atividades técnicas ou científicas, principalmente “*na resolução de problemas gráficos*” [14, p.15] onde os ângulos, as distâncias e as direções são os seus principais conceitos.

Através de uma extensa revisão da literatura cartográfica os geógrafos [15, p.89] identificaram que a palavra mapa teve origem com os antigos navegadores e comerciantes cartagineses, significando “*toalha de mesa*”, em referência aos diálogos e comunicações entre os desbravadores dos mares sobre possíveis caminhos, locais e rotas que eram desenhados sobre “*toalhas*” (*mappas*). E a palavra carta, origem egípcia, como uma derivação da palavra *papiro*. Contudo, de acordo com os

¹¹Resumidamente, visando instrumentalizar a prática dos professores de ciências no ensino do movimento diário do Sol, especialmente da fase de transição (5 e 6º anos), encontra-se em andamento um curso de formação continuada envolvendo a alfabetização científica com modelos didáticos, em especial, com o OMMCAD, isto é, com um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático, um tipo de modelo didático que esperamos seja transformado em um objeto do saber ensinado [1] pelos professores. A noção de OMMCAD pode ser encontrada em [9] como resultado de uma evolução teórica do seu modelo didático anterior [12].

pesquisadores, apesar do uso quase indiscriminado dessas expressões, parece ser bem aceita entre os cartógrafos brasileiros as distinções de Cêurio de Oliveira (1983) [15, p.89]:

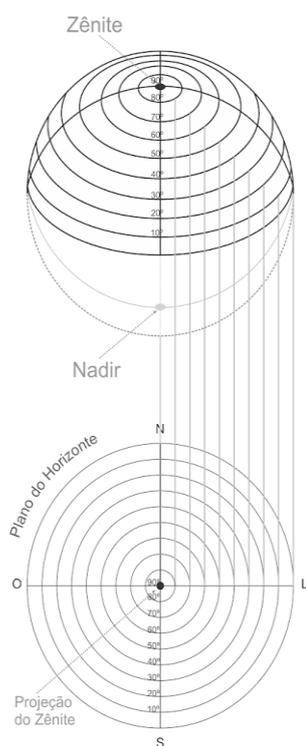
Mapa é a representação gráfica, em geral, da superfície plana e numa determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta, ou satélite.

Carta é a representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média ou grande escala, de uma superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo a um plano nacional ou internacional.

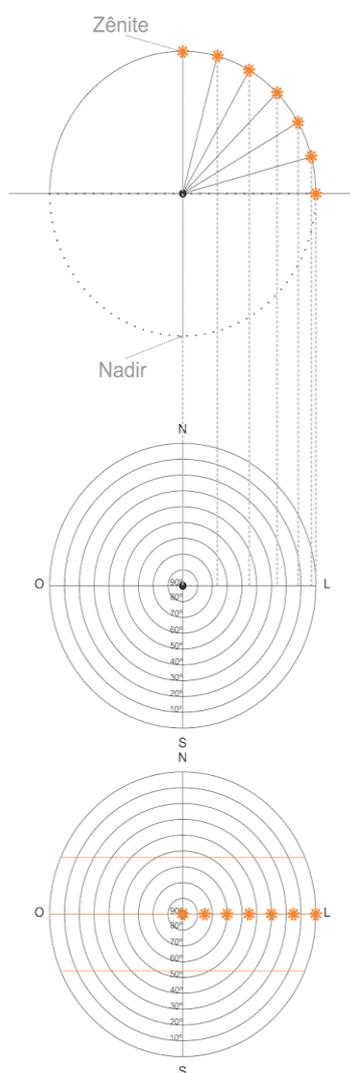
3. NESSE CONTEXTO, AFINAL, O QUE É UMA CARTA SOLAR?

Também denominada de geometria solar [16], diagrama solar ou de gráfico solar [17], uma carta solar é basicamente uma representação gráfica da trajetória anual do sol na esfera celeste sendo projetada sobre um plano. Apesar de existirem vários tipos de projeções e cada uma delas com suas imperfeições, deformações ou problemas [13], em geometria solar as mais conhecidas são as projeções equidistante, ortogonal ou ortográfica e estereográfica, sendo esta última a mais utilizada pelos especialistas [16-18]. Conforme podemos observar (figura 1) a projeção equidistante é aquela que desenha as linhas das diferentes alturas solares na esfera celeste no plano horizontal de projeção, registrando apenas os círculos concêntricos equidistantes relativos a essas alturas, mas sem desenhar as projeções das trajetórias solares; já a projeção ortogonal ou ortográfica é aquela que desenha no plano horizontal de projeção as trajetórias solares de modo que suas linhas projetivas incidam perpendicularmente, ou seja, formam com o plano um ângulo de 90°. E a mais utilizada, a projeção estereográfica, é aquela que desenha no plano horizontal de projeção as trajetórias solares de modo que suas linhas projetivas estejam todas convergindo para um mesmo ponto, diametralmente oposto à vertical do lugar do observador, denominado nadir.

Equidistante



Ortográfico



Estereográfico

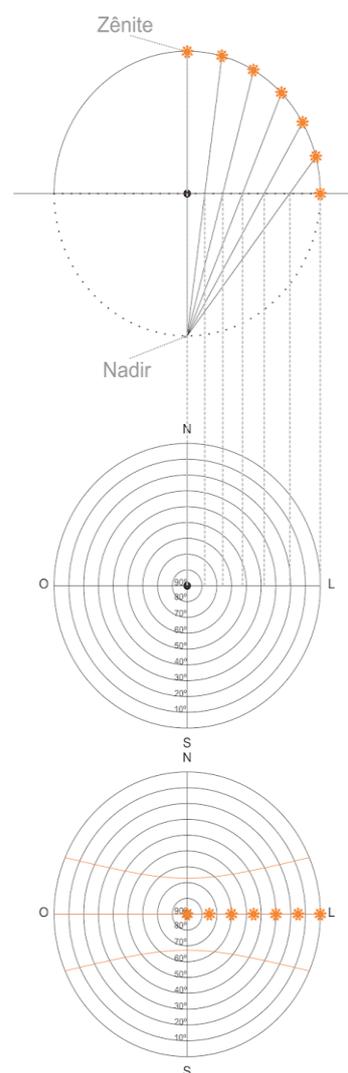


Figura 1: Representação dos tipos de projeções horizontais: equidistante, ortográfico, estereográfico. Adaptado do modelo de [16]. De acordo com os renomados pesquisadores e também professores de engenharia, Roberto Lamberts, e de arquitetura, Luciano Dutra e Fernando Pereira [16] o conhecimento da geometria solar é sem dúvida um dos mais importantes para a arquitetura e para as engenharias, pois, é através desse conhecimento que os profissionais desenham os seus mais relevantes projetos arquitetônicos. Para isso, os projetistas devem considerar o local do observador onde será construída a edificação (latitude), bem como alguns dados de variáveis climáticas importantes como, por exemplo: radiação solar, nuvens, temperaturas, ventos, chuvas, umidade, ou seja, precisam levar em conta um rol de características gerais da região, que são registradas em bancos de dados de estações meteorológicas. De acordo com os professores, um projeto arquitetônico bem elaborado deverá considerar ainda a sustentabilidade, a eficiência energética da edificação e o adequado conforto térmico de seus moradores.

4. PARA QUE SERVE UMA CARTA SOLAR?

De acordo com [17] as cartas solares podem ter um rol de utilizações em arquitetura, entre as quais: a) definição das coordenadas do sistema horizontal: altura e azimute, ou seja, dados sobre a localização do sol na esfera celeste; b) planejamento do desenho urbano, auxiliando, por exemplo, na projeção do sistema viário e no estudo da insolação e do sombreamento em edificações e arborizações; c) orientação dos edifícios de acordo com a incidência solar do local; d) determinação

de obstáculos que prejudicam a visão da esfera celeste, também denominados máscaras de sombra; e) instalação de protetores solares, também denominados quebra-sóis e, f) o posicionamento de coletores solares.

5. CONHECIMENTOS BÁSICOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA SOLAR

A atividade de construir à mão uma carta solar na Escola utilizando apenas régua e transferidor, mesmo que de modo aproximado, é uma tarefa um tanto trabalhosa, pois desejavelmente requer dos seus projetistas o conhecimento prévio de alguns conceitos de matemática e de astronomia, saber relacioná-los interdisciplinarmente, a fim de conseguir compreender alguns dos aspectos da geometria solar. Esta é uma tarefa interessante de ser estimulada entre os alunos, embora devamos aceitar que nossos melhores desenhos e medições nunca serão tão precisos quanto aqueles realizados pelo *software*.

Devido ao avanço das tecnologias e a consequente evolução dos modelos na ciência, nossos melhores gatafunhos vêm perdendo espaço para o inigualável desempenho dos programas computacionais na representação da realidade. Observamos o caso do *software* que a partir de 1980 adquiriu o status de um modelo com a capacidade de reunir e relacionar uma grande quantidade de dados, variáveis, equações, desenhos, como até então sem precedentes, representando a realidade de uma forma muito mais precisa, facilitando o trabalho dos pesquisadores e cientistas em suas descobertas e invenções [19]. A esse respeito, vejamos o caso do programa *SOL-AR 6.2* do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC): um tipo de programa gráfico que constrói cartas solares para distintas latitudes, auxiliando os projetistas na identificação do movimento solar com bastante precisão, oportunizando ainda algumas outras análises sobre ventos e temperaturas. Apesar de não possuir um tutorial de utilização o programa é bem intuitivo, bastando digitar a latitude do local do observador de interesse ou escolher alguma das cidades disponíveis em sua memória, projetando assim o gráfico solar desejado. Como sabemos, a latitude de um local é definida como a medida angular a partir da linha do equador (0°) até o local do observador (figura 7a), sendo positiva no hemisfério norte e negativa no hemisfério sul, apresentando maior valor nos polos (90°). Contudo, uma das limitações desse *software* é a não construção de cartas solares para latitudes superiores a 65° , onde a faixa das trajetórias tem a tendência de se afastar ainda mais do centro de projeção.

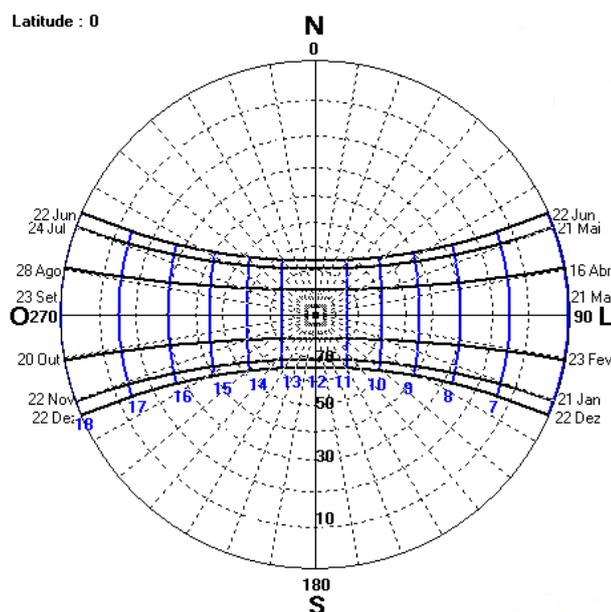


Figura 2: Carta solar de Macapá-AP - latitude ($\Phi = 0^\circ$) confeccionada no *SOL-AR 6.2*. As linhas horizontais (preto) representam as trajetórias solares para determinados dias do ano. As linhas verticais (azul) indicam as distintas horas solares, desde o nascer ao pôr do Sol. As circunferências concêntricas indicam as diferentes alturas. Os ângulos divididos de 10° em 10° em torno do perímetro do círculo indicam os azimutes. E o ponto central do círculo indica a projeção do zênite ou vertical do lugar. Esses conceitos encontram-se melhor resumidos no quadro 6. O programa *Sol-AR 6.2* encontra-se disponível em: <http://labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

A construção de um diagrama solar requer, então, o conhecimento das trajetórias do Sol na esfera celeste, considerando os distintos meses do ano e as diferentes horas solares. Por definição consideramos a hora solar como a medida angular equivalente a 15° de um relógio solar ($1h = 15^\circ$); ela é uma parte do dia solar que é a medida de tempo decorrente de duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do lugar do observador, isto é pela linha que liga o norte, o zênite, e o sul do observador. Consideramos o dia solar como equivalente a 24 horas¹². Estamos falando de um tempo solar verdadeiro e não de um tempo legal quando falamos em Cartas Solares¹³. Sabendo disso, parte-se para a projeção dessa trajetória em um plano, o plano do horizonte do observador. Neste artigo, a título de exemplo, vamos mostrar como se constrói a carta solar de Uruguaiana/RS (latitude $\Phi = -30^\circ$) e por fim, propor alguns problemas a serem trabalhados na Escola com o auxílio do programa SOL-AR 6.2. Antes, precisamos analisar e buscar compreender algumas noções e conceitos de astronomia que estão relacionados ao movimento diário do Sol e às Cartas Solares.

5.1 A Terra e seus principais movimentos: rotação e translação

Atualmente, sabemos que a Terra tem vários movimentos: rotação, translação, nutação, precessão, etc., porém, os movimentos de rotação e translação são os principais e os mais importantes em se tratando de geometria solar. O movimento de rotação da Terra é aquele que se dá ao redor de seu eixo. O período de rotação pode ser medido como o intervalo de tempo correspondente a dois “meio-dias”, ou seja, a duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano local. Este período é chamado de dia solar e vale 24 horas. É devido a esse rotacionamento do globo, de 15° por hora, sempre no sentido de oeste para o leste, que observamos o Sol cruzar o céu todos os dias, mas em sentido contrário, de leste para oeste, de nascente a poente. E o movimento de translação é aquele movimento de trajetória elíptica que a Terra exerce em torno do Sol, em um período de 1 ano ou 365 dias, aproximadamente. Porém, sabe-se que é devido à inclinação do eixo de rotação da Terra de $23^\circ 27'$, em relação à perpendicular com o plano de sua órbita, que temos a ocorrência dos solstícios de verão e de inverno e dos equinócios de outono e de primavera, ou melhor, das 4 estações do ano. Para fins didáticos, daqui para frente, vamos considerar esse ângulo como sendo de $23,5^\circ$.

5.2 A trajetória da Terra ao redor do Sol é uma elipse, mas é quase confundível com uma circunferência, como assim?

Segundo Canalle [21], desde os estudos do matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), com auxílio dos valiosos dados do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), sabemos que o caminho que os planetas fazem em torno do Sol é um caminho elíptico e não mais uma circunferência, como há muito tempo acreditou-se, com o Sol ocupando um dos seus focos e não mais o centro. Entretanto, apesar da órbita da Terra descrever uma elipse, ela tem um pequeno “achatamento”, ou melhor, uma pequena excentricidade ($e = 0,02$) tornando-a muito semelhante a uma circunferência, que é um caso particular de elipse com excentricidade nula ($e = 0$). A excentricidade (e) é uma medida de “achatamento” que nos diz o quanto uma elipse se aproxima de uma circunferência ou de um segmento de reta, ou seja, quanto mais aproximados estiverem os focos de uma elipse, mais próximos de uma circunferência estarão os seus pontos e, quanto mais afastados os seus focos, mais próximos de um segmento de reta estarão os seus pontos, tal como é demonstrado nos livros de geometria elementar (veja, por exemplo, algumas das propriedades da elipse em [22, p. 172]). A representação de Canalle é importante para compreendermos que a trajetória da Terra em torno do Sol é elíptica, sim! Porém, muito próxima de uma circunferência, sendo, portanto, suficiente para entendermos que a variação da distância Sol-Terra, ao longo do ano, é praticamente insignificante para explicar as estações do ano.

¹²Conforme Bittencourt [17, p. 35] não devemos confundir hora solar verdadeira com hora legal, pois são duas medidas de tempo distintas e que variam ao longo do ano, fato que se pode facilmente perceber ao observarmos o meio-dia de um relógio solar ser ligeiramente distinto do meio-dia de um relógio de pulso, por exemplo.

¹³Para um estudo mais apurado, sobre as distinções entre os conceitos de tempo solar verdadeiro (referência para o tempo das cartas solares) e tempo Legal (tempo ajustado dos nossos relógios conforme algumas variáveis de medida de correção) sugerimos a seguinte leitura [20].

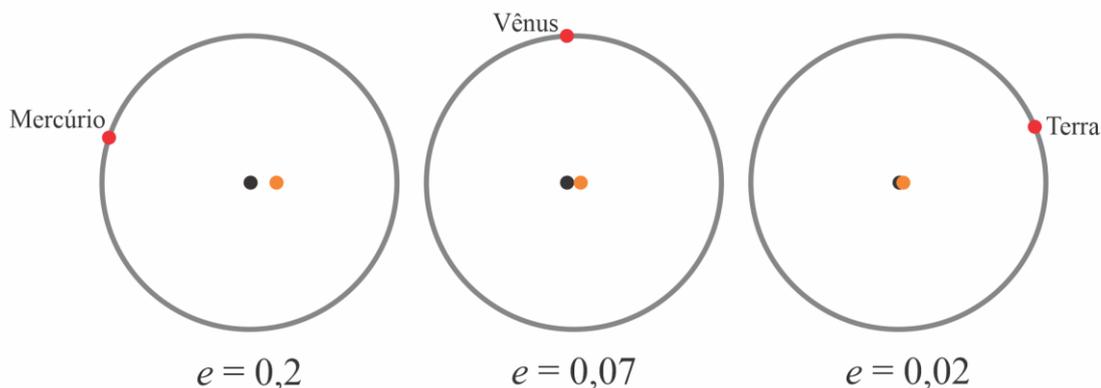


Figura 3: Representação das órbitas elípticas de Mercúrio, Vênus e Terra, com suas respectivas excentricidades e medidas aproximadas. Observamos que o ponto central (em preto) indica o centro da elipse e o ponto a direita (em laranja) indica a posição de um dos seus dois focos, ocupado pelo Sol. Adaptado dos modelos de [21, p.15].

5.2.1 Uma simulação Escolar para a compreensão das estações do ano

Conforme sugeriram alguns pesquisadores do Ensino de Astronomia [23-27] uma compreensão mais intuitiva das estações do ano pode ser obtida na Escola através da simulação do sistema Sol-Terra com o uso de modelos didáticos tridimensionais (figura 4). O procedimento é muito simples: em uma sala de aula escurecida e com o auxílio de um modelo didático da Terra (globinho) e uma lâmpada (Sol) disponibilizam-se 4 mesas (classes) ao redor de um círculo de raio de 100 cm, com o objetivo de simular a órbita da Terra em torno do Sol nas 4 estações: verão, inverno, outono, primavera. É importante que as mesas tenham uma mesma altura de tal modo que os tampos estejam todos em um mesmo plano Sol-Terra. A distância Sol-Terra é de, aproximadamente, 150 milhões de km e pode ser representada em uma escala de 100 cm.

Essa é uma prática que nos permite confrontar algumas das ideias de senso comum dos alunos, geralmente fundamentadas nas representações inadequadas de alguns livros didáticos, que costumam representar a órbita da Terra no formato de uma elipse muito achatada [10; 27-29], induzindo a falsa crença de que a principal causa para as estações do ano está no maior ou menor afastamento da Terra ao Sol. Sabemos que a órbita da Terra é uma elipse de pequena excentricidade, a qual apresenta uma pequena variação entre o seu maior (afélio) e menor (periélio) eixos, ocasionando uma diferença que é de cerca de 3%. Portanto, a principal causa para as estações do ano não se justifica pelo maior ou menor afastamento, mas simplesmente pela inclinação do eixo de rotação da Terra. Essa atividade também é importante para desenvolvermos uma visão heliocêntrica do sistema Sol-Terra, como se os alunos estivessem visualizando o sistema a partir de um ponto distante no Universo.

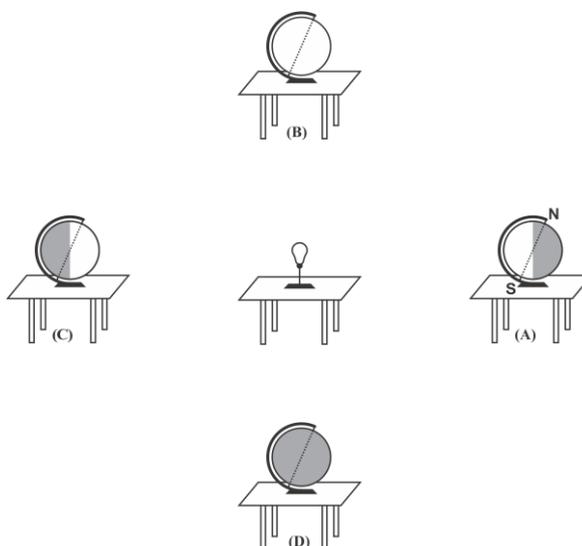


Figura 4: Representação da órbita da Terra em torno do Sol nas 4 estações do ano: (A) solstício de verão; (B) equinócio de outono; (C) solstício de inverno e (D) equinócio de primavera, considerando o hemisfério sul. Representação ilustrativa e fora de escala.

O principal objetivo da simulação é permitir aos alunos a percepção dos contrastes de sombra e de luz nos diferentes hemisférios do globo, em cada posição em destaque, auxiliando em uma melhor compreensão das estações do ano. Em (A), por exemplo, nota-se que a Terra recebe maior insolação no hemisfério Sul (verão) e menor insolação no hemisfério norte (inverno). Em (C) nota-se que o hemisfério norte recebe a maior insolação (verão) e o hemisfério sul a menor (inverno). Já nas posições (B) e (D) ambos os hemisférios são igualmente ensolarados. A simulação possibilita-nos estabelecer outras relações adicionais importantes, que demonstram existir uma variação angular entre o centro do Sol e os diferentes paralelos da Terra (figuras 5 e 6).

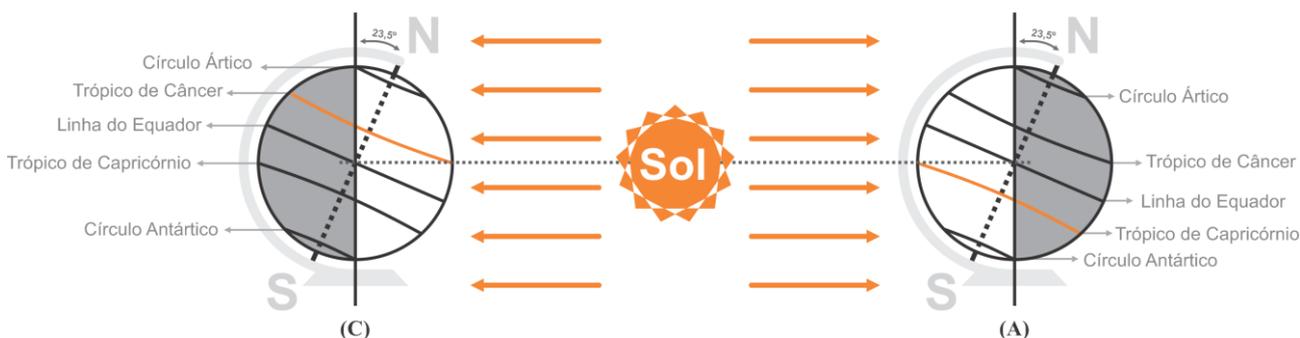


Figura 5: Representação do solstício de verão (A) e de inverno (C) para o hemisfério Sul. Por volta do dia 21 de dezembro, a linha imaginária que vai do centro do Sol ao centro da Terra, corta a superfície desta por sobre o Trópico de Capricórnio (A). Da mesma forma, por volta de 21 de junho, essa mesma linha imaginária cortará a superfície da Terra no Trópico de Câncer (C). Veja também a figura 4. Representação ilustrativa e fora de escala.

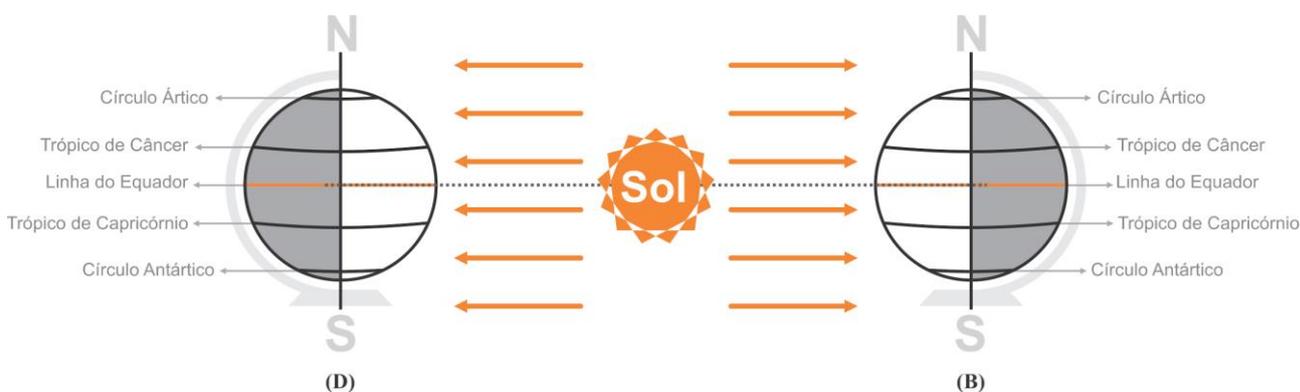


Figura 6: Representação do equinócio de outono (B) e de primavera (D) para o hemisfério sul. Em aproximadamente 21 de março e 21 de setembro, a linha imaginária que vai do centro do Sol ao centro da Terra, corta a superfície desta por sobre a linha do equador, iluminando de forma igual ambos os hemisférios. Ver também a figura 4. Representação ilustrativa e fora de escala.

5.3 Como o Sol ilumina as diferentes regiões da Terra ao longo do ano

Ao observar as figuras 5 o leitor perceberá que os raios de Sol iluminarão, numa certa época do ano, as regiões que circundam o polo norte, deixando as regiões equivalentes que circundam o polo sul, no escuro. Na medida em que o tempo passa, essas regiões (iluminada e escura, respectivamente) que circundam os polos diminuem, até o momento em que ambos os hemisférios, norte e sul, são igualmente iluminados pelo sol; são os equinócios de outono e primavera no hemisfério sul, representados na figura 6. Na sequência, a iluminação solar nos polos se dá de forma inversa: as regiões no entorno do polo norte, no escuro, ficam cada vez maiores, assim como as respectivas regiões no entorno do polo sul ficam elas também cada vez maiores, porém, claras. O dia no qual

essas regiões atingem seus diâmetros máximos (escuro e claro, respectivamente) configura, no hemisfério sul, o solstício de inverno (ou solstício de verão no hemisfério norte).

Essa descrição (sucinta) de como o Sol ilumina a Terra ao longo do ano está calcada em especial na invariância do vetor velocidade angular correspondente à rotação da Terra em torno de seu eixo. Dito de maneira menos formal, o eixo de rotação da Terra aponta sempre para a mesma direção do espaço profundo; partindo do polo sul para o polo norte, o prolongamento do eixo da Terra aponta – aproximadamente – para a estrela Polar, no hemisfério norte, ao longo de todo o ano. As figuras do globo terrestre na figura 4 ilustram o que foi dito: as sucessivas representações do eixo da Terra mostram-no sempre paralelo a ele mesmo. Por fim, vale observar que a frase imediatamente acima é verdadeira (com excelente aproximação) na escala de tempo de uma vida humana. Em intervalos de tempo muito maiores, essa afirmação deixará de ser válida, mas o aprofundamento dessa questão foge ao escopo deste artigo.

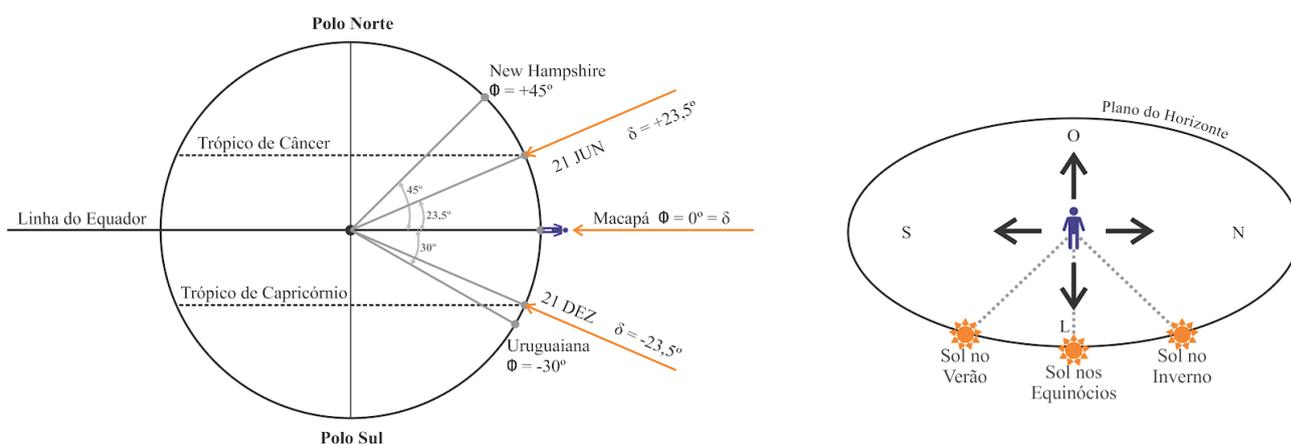


Figura 7: (a) Representação da declinação solar (δ) e de algumas latitudes (Φ) conhecidas a partir do equador da Terra. (b) Visão do nascimento anual do Sol para um observador em Macapá nas distintas estações do ano. Representação ilustrativa e fora de escala.

5.4 O movimento anual do Sol a partir de uma visão topocêntrica

Precisamos analisar agora o movimento do Sol de um ponto de vista topocêntrico, isto é, a partir da visão de um observador [postado na superfície](#) da Terra ao olhar para o céu. Em astronomia de posição considera-se a Terra ocupando o centro da esfera celeste, uma esfera imaginária onde os astros descrevem as suas trajetórias. O plano do horizonte é um plano tangente à superfície terrestre, bem no local em que se encontra o observador. O que está acima do plano do horizonte define a parte observável do céu e o que está abaixo a não observável. O zênite é o ponto mais alto da esfera celeste e está localizado bem acima da cabeça do observador e o nadir é o ponto diametralmente oposto. O ângulo compreendido entre o polo celeste e o plano do horizonte define a latitude do lugar do observador.

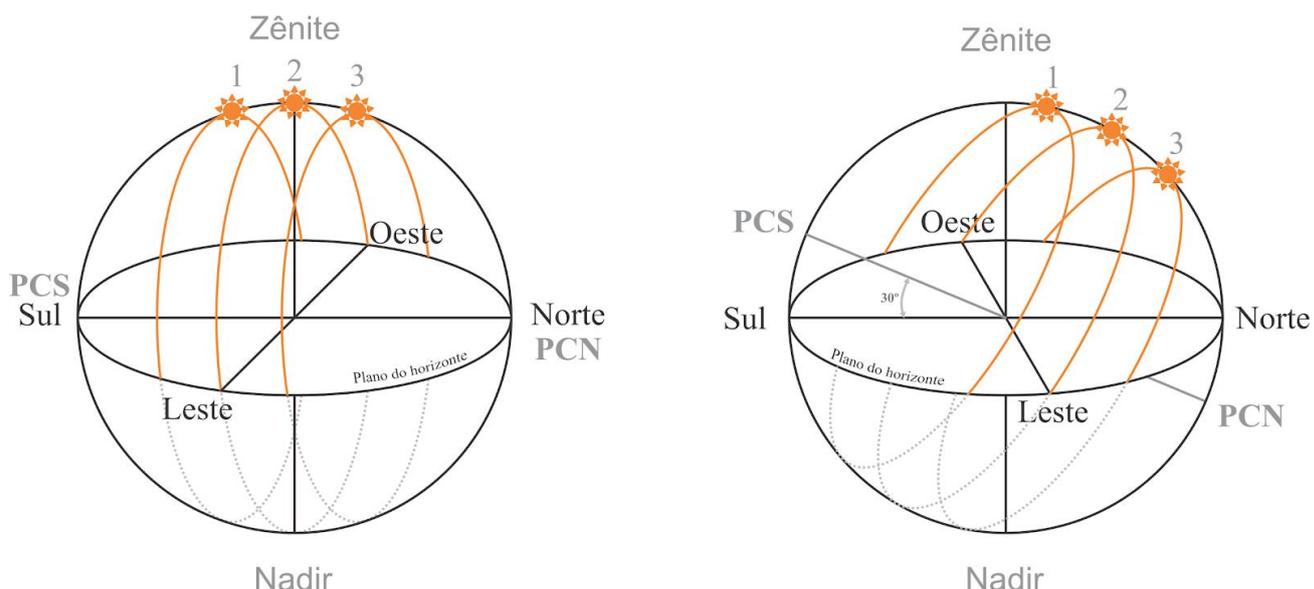


Figura 8: Representação do movimento anual do Sol nas 4 estações do ano em Macapá (a) e em Uruguaiana (b). A posição 1 indica o Sol ao meio-dia solar no solstício de verão; a posição 2 indica o Sol ao meio-dia solar nos equinócios de outono e primavera e a posição 3 o Sol ao meio-dia solar no solstício de inverno. Representação ilustrativa e fora de escala.

5.5 Sistema Horizontal de Coordenadas Astronômicas

São coordenadas horizontais que determinam a localização de um astro na esfera celeste, tomando como referência o plano do horizonte do observador. O azimute (Az.) é o ângulo subentendido pela direção norte – sul e pelo raio do círculo vertical do astro, projetado no plano do horizonte do observador (arco NP). O vértice deste ângulo, como o leitor verificará na figura 9, coincide com a posição do observador; esse ângulo pode variar de 0° a 360° . A altura (h) é o ângulo medido entre o plano do horizonte e o astro (arco PE). Quando abaixo do horizonte esse ângulo pode variar de 0° a -90° e quando acima de 0° a $+90^\circ$. Considera-se ainda como complemento da altura a distância zenital (z) que é o ângulo formado entre o zênite e o astro, sendo válida a relação $h + z = 90^\circ$. A distância zenital (z) pode variar entre 0° a 180° .

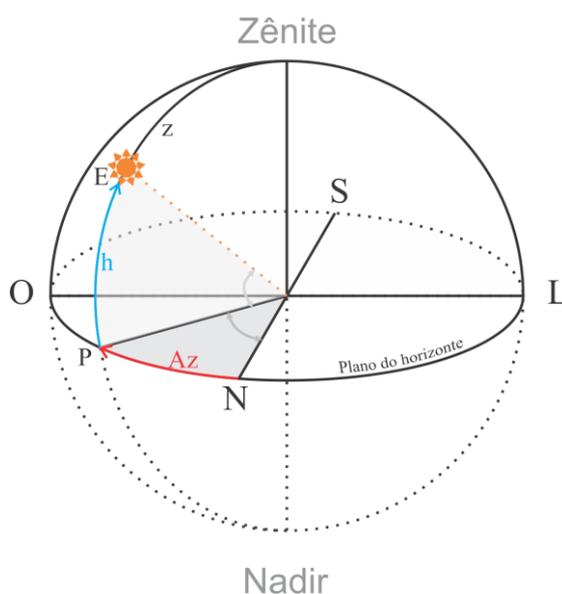


Figura 9: Representação do sistema de coordenadas horizontais. Representação ilustrativa e fora de escala.

5.6 Projetando a Carta Solar de Uruguaiana

Iniciaremos elaborando o diagrama solar de Macapá ($\Phi = 0^\circ$) antes de elaborarmos o de Uruguaiana ($\Phi = -30^\circ$). Começaremos analisando a figura 10 a qual representa uma perspectiva isométrica do movimento anual do Sol em Macapá, ou melhor, para a linha do equador.

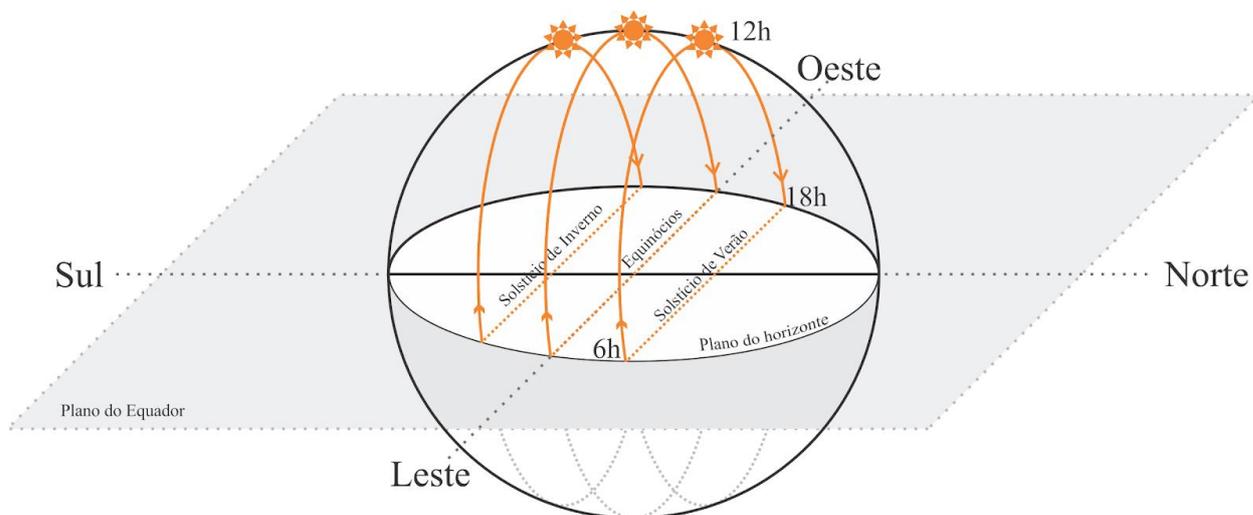


Figura 10: Representação do movimento anual do Sol para um observador localizado na linha do equador no início das 4 estações do ano. Adaptado do modelo de [17, p. 29]. Representação ilustrativa e fora de escala.

Analisando a figura 10, porém agora através de uma visão aérea, a partir do Leste, teremos outra representação (figura 11).

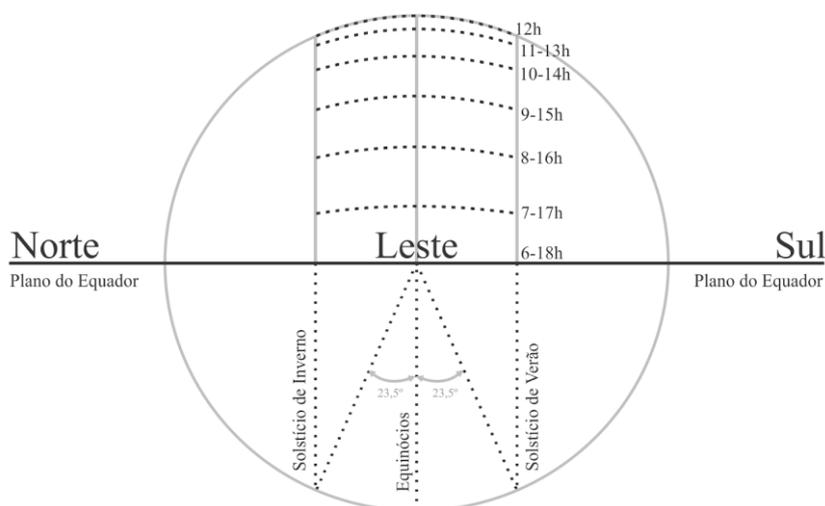


Figura 11: Representação do movimento anual do Sol para a linha do equador em uma visão aérea a partir do ponto cardinal Leste. Adaptado do modelo de [17, p. 29].

Analisando novamente a figura 10, através de uma visão aérea, a partir do zênite do observador, temos a projeção ortogonal das trajetórias solares no plano horizontal de projeção. Neste caso, no plano do equador (figura 12).

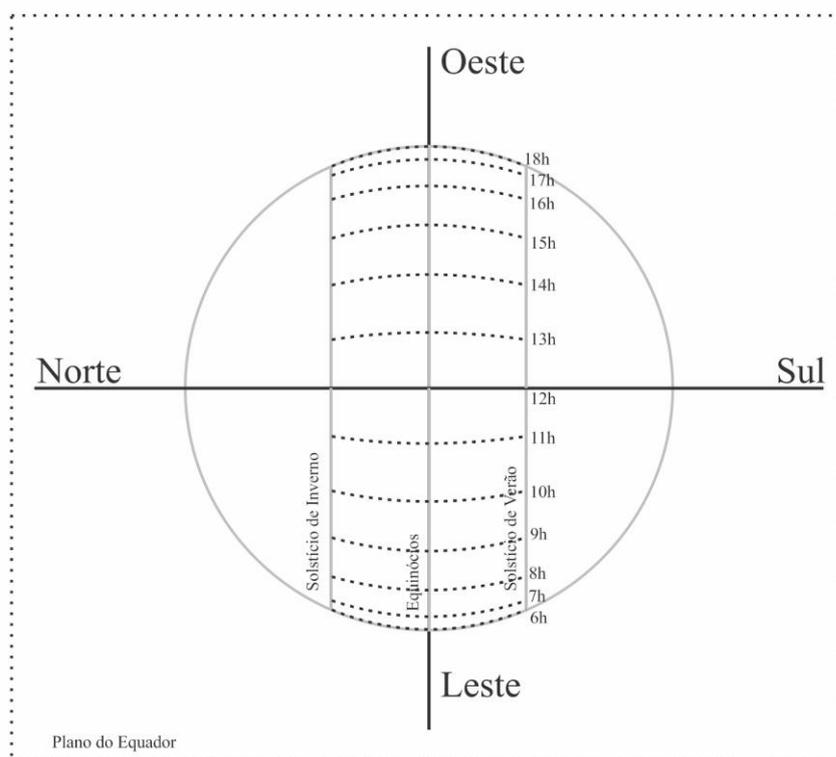


Figura 12: Representação do movimento anual do Sol para a linha do equador nas 4 estações do ano a partir de uma projeção ortogonal no plano horizontal. Vista a partir do zênite da figura 10. Adaptado do modelo de [17, p. 29].

Se acrescentarmos as outras trajetórias solares relativas aos demais meses do ano, ao plano horizontal de projeção, temos um gráfico mais completo da geometria solar no equador, com linhas tracejadas definindo as distintas horas solares. Perceba que as horas solares na linha do equador são coincidentes o ano todo, isto é, tem uma duração de 12 horas (figura 13).

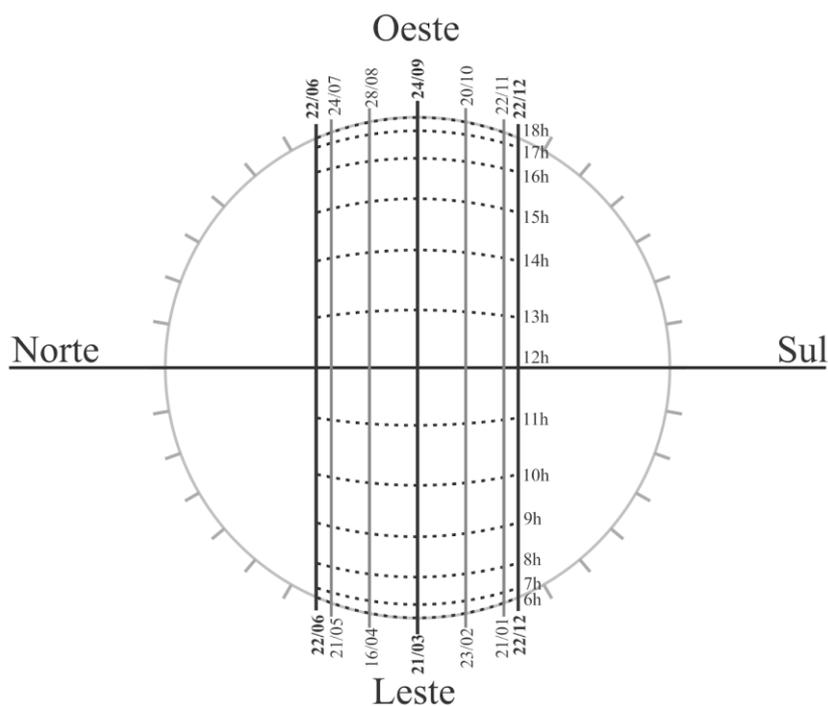


Figura 13: Representação gráfica da geometria solar para a linha do equador, mês a mês, a partir de uma projeção ortogonal no plano do horizontal. Adaptado do modelo de [17, p. 30].

Para definirmos o plano de Uruguaiana, tomamos a figura 11 e giramos o plano do equador 30° em sentido horário, alcançamos um novo plano situado a 30° de latitude Sul (figura 14).

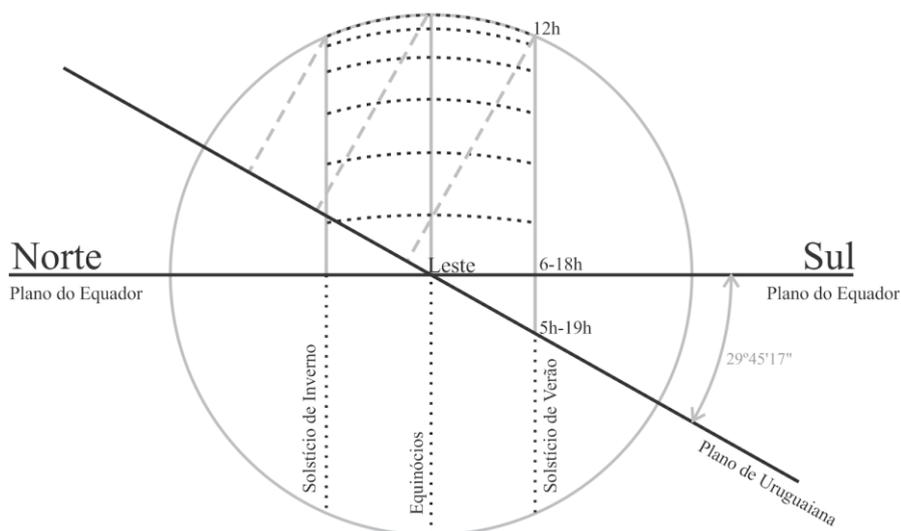


Figura 14: Representação do plano de Uruguaiana, a partir da figura 11, após girarmos o plano do equador 30° no sentido horário. Adaptado do modelo de [17, p. 30].

Até aqui, buscando facilitar o entendimento da geometria solar, tomamos como ponto de partida o plano do equador e a projeção ortogonal das trajetórias solares, pois de acordo com [17] é um modo de projeção que, inicialmente, facilita a compreensão, porém, deve ser substituído pela projeção estereográfica que é a mais utilizada em cartas solares. Conforme podemos observar (figura 15):

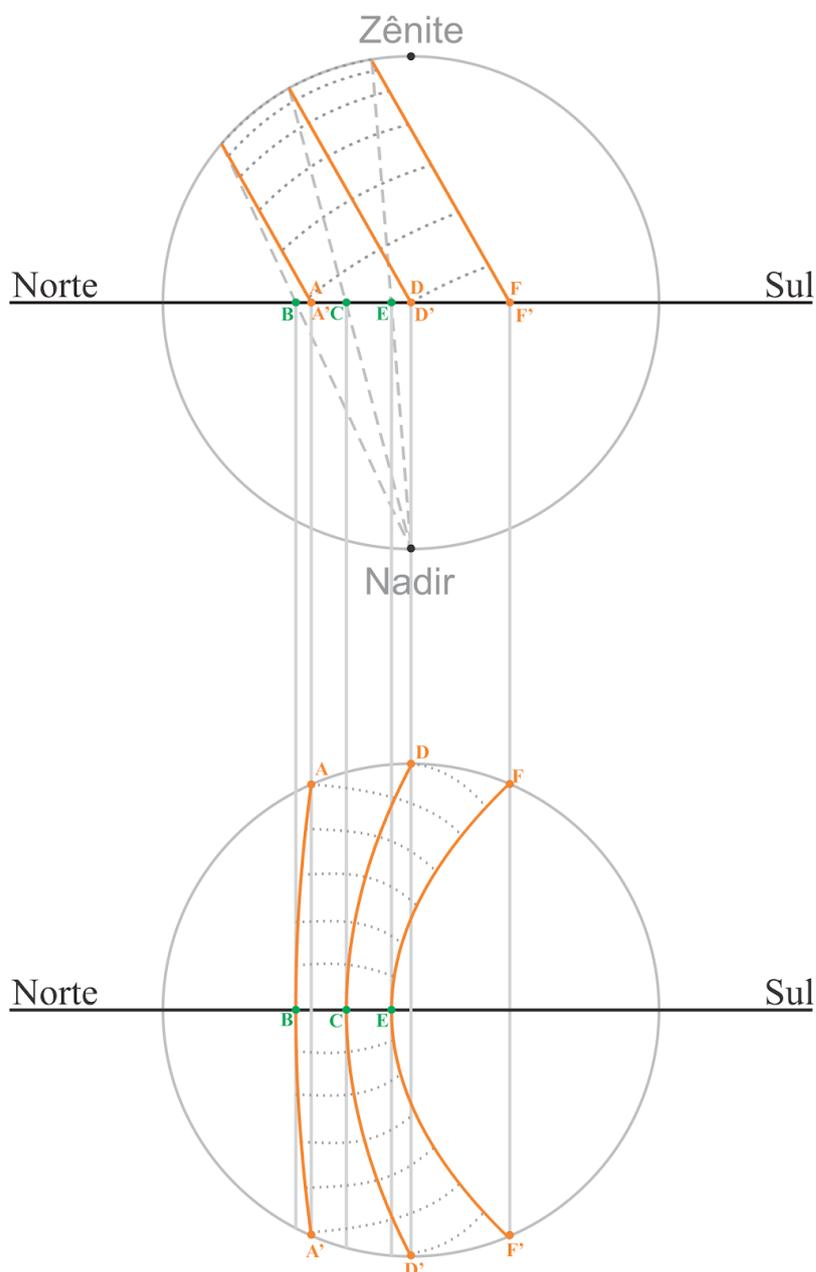


Figura 15: Representação da Carta Solar de Uruguaiana em uma projeção estereográfica após girarmos o plano do equador 30° no sentido horário. Note, porém, que agora a faixa das trajetórias das estações do ano (linhas laranjas) estão inclinadas 30° na direção norte, pois, neste caso, estamos considerando uma localidade do Hemisfério Sul. Caso estivéssemos considerando uma localidade do Hemisfério Norte essa inclinação seria para o sul. Adaptado do modelo de [17, p. 31].

Observe que, na parte superior da figura 15, temos a representação do movimento solar na esfera celeste no início das 4 estações do ano em Uruguaiana. Assim, inicialmente, precisamos entender que estamos a observar trajetórias solares em uma esfera (esfera celeste), porém, através de uma visão aérea a partir do Leste. Note que os pontos A (nascer) e A' (ocaso) indicam a posição do Sol durante o nascer e o ocaso no solstício de inverno; os pontos D e D' indicam o nascer e o ocaso solar nos equinócios de outono e primavera e; os pontos F e F' indicam o nascer e o ocaso solar no solstício de verão; os pontos B, C e E, por sua vez, indicam as projeções dos meio-dia solares. Já na parte inferior da figura 15 temos o resultado da projeção estereográfica desses pontos no plano horizontal de projeção; pontos que, quando interligados, desenharam as diferentes trajetórias solares na carta solar, conforme a estação do ano. Portanto, na figura 15, devemos entender que houve uma projeção do 3D (parte superior da figura) para o 2D (parte inferior da figura), ou melhor, houve uma projeção de pontos das trajetórias solares em uma superfície esférica para uma superfície plana.

Caso o leitor ainda tenha dificuldades em compreender a projeção estereográfica, observe o objeto-modelo didático da figura 16. Na coluna da esquerda temos a projeção estereográfica para uma latitude de 0° e na coluna da direita para uma latitude de -30° . Em ambas as colunas podemos observar um raio partindo do centro do Sol indo em direção ao Nadir que, ao passar pelo plano do horizonte, projeta um ponto neste plano. O conjunto de pontos projetados no plano horizontal definirá a linha das trajetórias solares da carta solar.

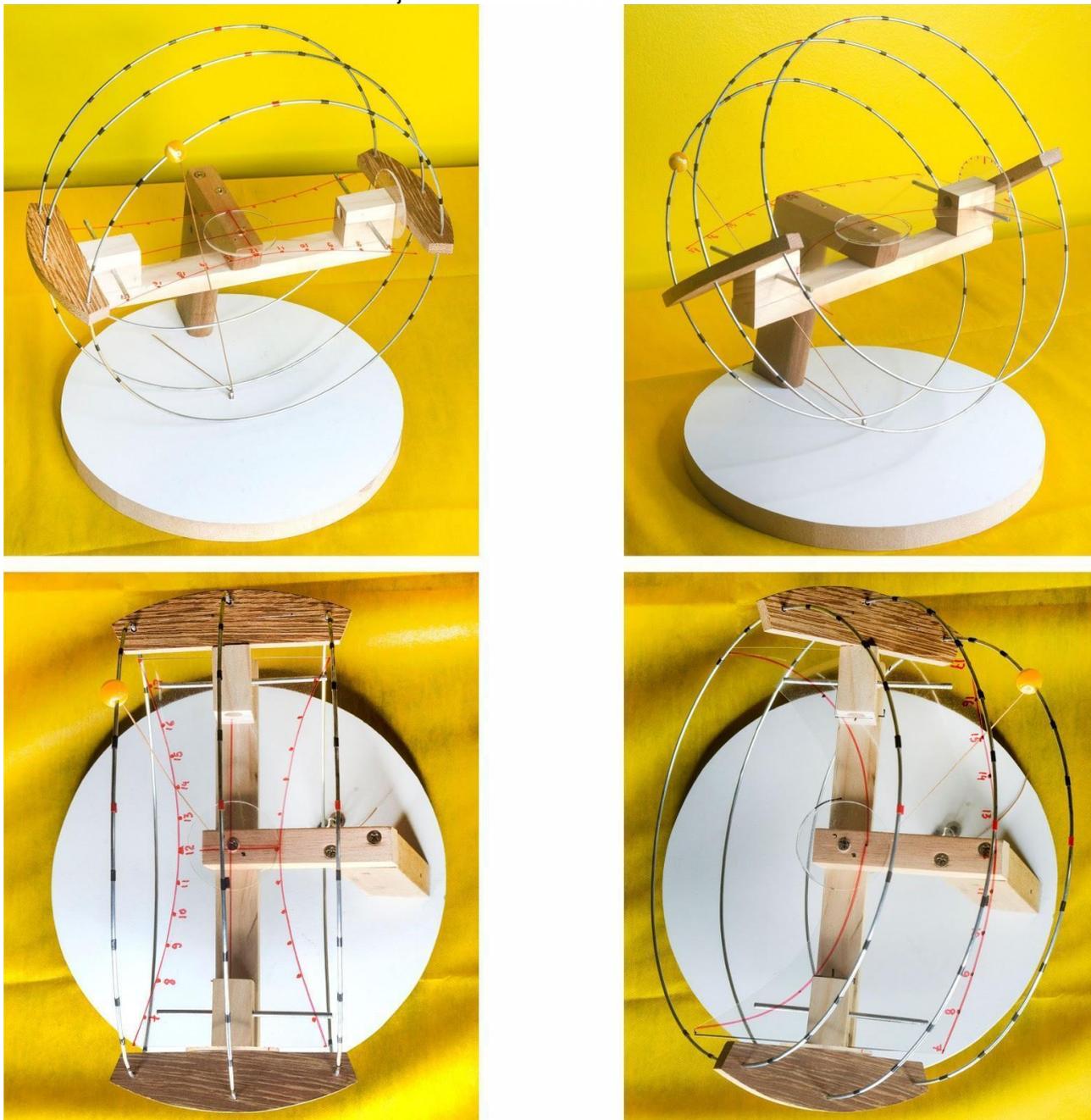


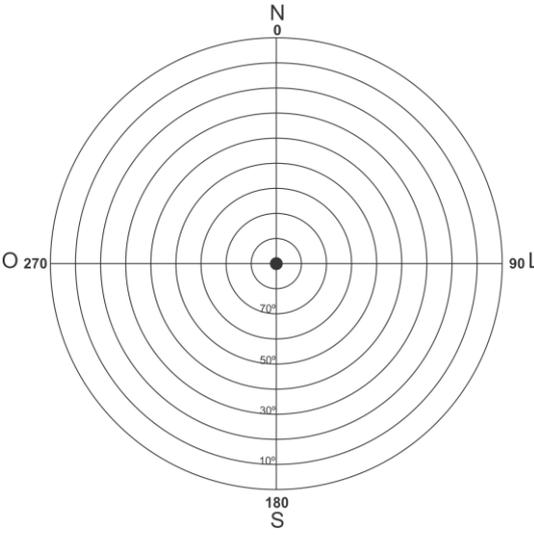
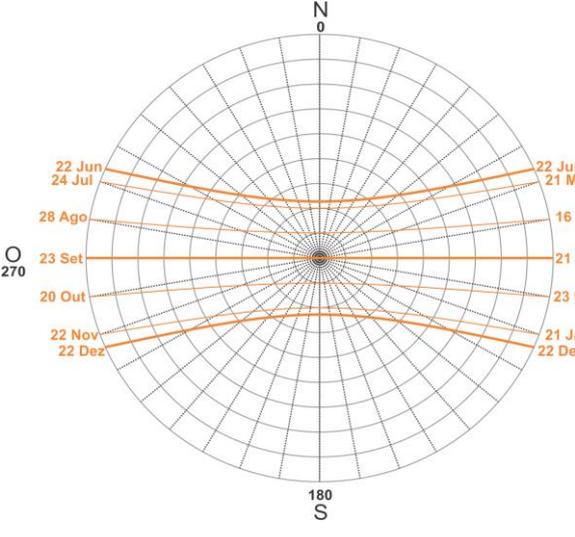
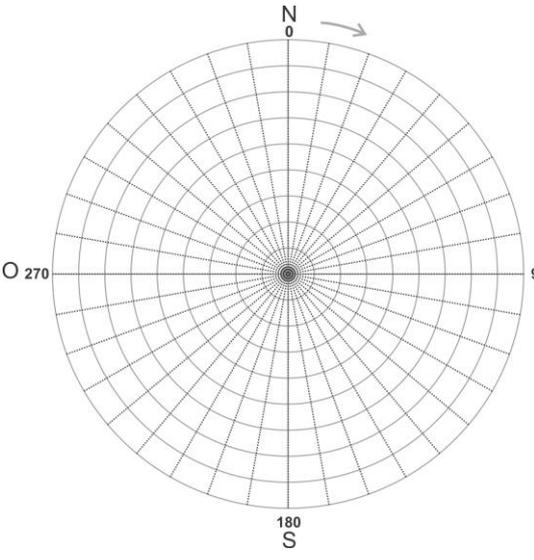
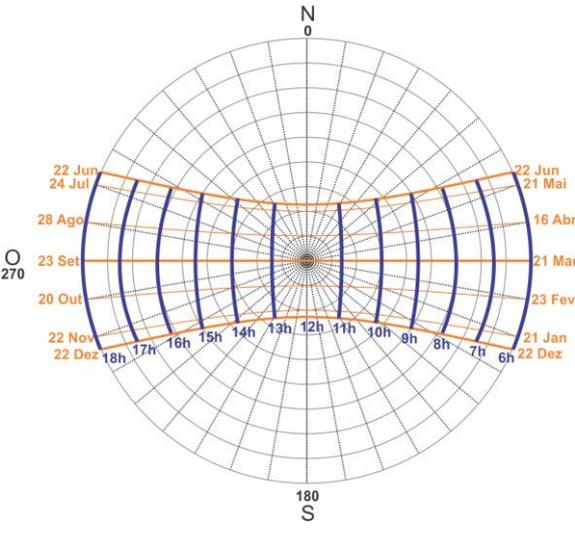
Figura 16: Representação da projeção estereográfica para uma latitude de 0° (coluna da esquerda) e para uma latitude de -30° (coluna da direita) em uma visão aérea a partir do sudoeste e do zênite. Representação ilustrativa e fora de escala.

6 UMA POSSIBILIDADE DE ATIVIDADES NA ESCOLA

Tendo acompanhado os conhecimentos básicos envolvidos no movimento diário do Sol e de como projetá-lo em uma carta solar, apresentaremos alguns exemplos de problemas que podem ser desenvolvidos na Escola, a partir do 8º ano do Fundamental e, principalmente, no decorrer do Ensino Médio. Tomaremos, a critério de exemplo e para fins de comparação, a carta solar da cidade de

Uruguaiana (latitude $\Phi = -30^\circ$). Antes, recapitulemos um resumo dos principais conceitos envolvidos em uma carta solar (quadro 6):

Quadro 6: Resumo dos principais conceitos de uma carta solar.

<p>Altura (h): ângulo medido desde a extremidade (0°) até o centro (90°) do círculo. Representado por circunferências concêntricas.</p>	<p>Linhas horizontais: Representam as distintas trajetórias solares ao longo do ano e definem uma faixa das trajetórias que é específica de cada lugar. Neste exemplo utilizamos a carta solar para a latitude de 0°.</p>
	
<p>Azimute (Az.): ângulo medido no sentido horário a partir do ponto cardinal norte (N). É dividido ao longo do plano horizontal de projeção em 36 partes iguais que variam de 10° em 10°.</p>	<p>Linhas verticais: Representam as distintas horas solares, desde o nascer ao pôr do Sol. Neste exemplo utilizamos a carta solar para a latitude de 0°.</p>
	

6.1 Problema 1

a) Considerando o solstício de inverno no hemisfério sul, quais são as medidas de altura e azimute solar para a cidade de Uruguaiana às 10:00 h da manhã?

- b) Considerando o solstício de verão no hemisfério sul, quais as medidas de altura e azimute solar em Uruguaiiana às 07:00 h da manhã?
- c) Considerando os equinócios de outono e primavera, quais as medidas de altura e azimute solar em Uruguaiiana às 17:00 h?
- d) Considere outra localidade qualquer do hemisfério sul e insira a sua latitude no programa, realizando o mesmo procedimento feito em a), b) e c). Depois, compare as medidas de altura e azimute dessa localidade com as medidas encontradas para Uruguaiiana.
- e) Identifique a duração aproximada do “dia claro” em Uruguaiiana nos solstícios e equinócios e compare com a outra localidade escolhida em d). Identifique as semelhanças e diferenças no tempo de insolação.

Problema 1: a título de exemplo, resolução da letra a)

a) *Considerando o solstício de inverno no hemisfério sul, quais são as medidas de altura e azimute solar para a cidade de Uruguaiiana às 10:00 h da manhã?*

- Instale no seu computador o programa SOL-AR 6.2 e insira a latitude (Φ) = -30° graus para gerar a carta da cidade de Uruguaiiana. A carta pode também ser impressa.
- Identifique a linha indicativa da trajetória solar para o solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana.
- Identifique agora, nesta mesma linha, a hora solar relativa às 10h e marque um ponto sobre ela;
- Depois, com auxílio de uma régua, trace uma reta partindo do ponto central da carta solar, passando pelo ponto que foi marcado (10:00 h) até interseccionar a circunferência relativa à medida dos azimutes.

Logo, esse procedimento resultará nos dados que são as medidas procuradas: $Az = 31^\circ$ e $h = 30^\circ$ em valores aproximados (conforme a figura 16).

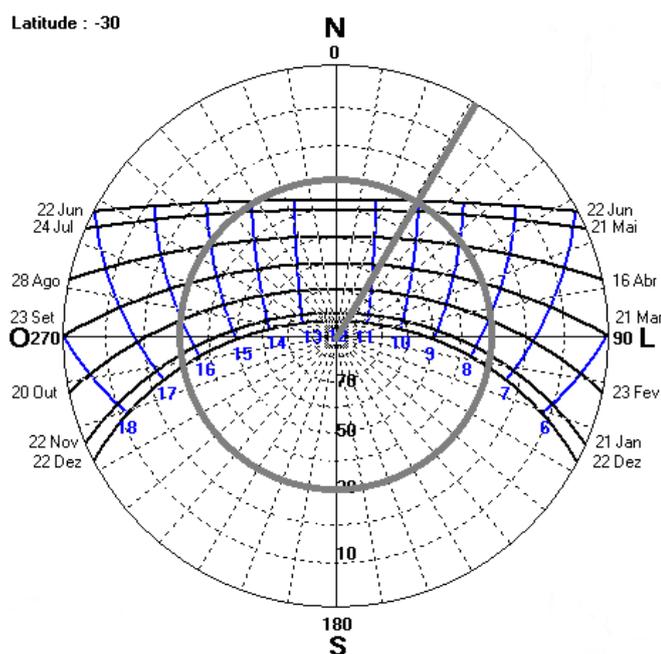


Figura 16: Representação da marcação das medidas de altura e azimute às 10:00 h no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana. Problema 1 a).

6.2 Problema 2

- Considerando o solstício de inverno em Uruguaiiana, calcule o tempo de insolação da fachada (ou janela) Norte.
- Depois, calcule para os equinócios de outono e primavera.
- Depois mais calcule para o solstício de verão.
- Por fim, identifique em qual das estações a fachada norte recebe maior insolação em Uruguaiiana.
- Considerando o dia 23 de fevereiro em Uruguaiiana estime o tempo de insolação para a janela Sul.

Problema 2: a título de exemplo, resolução da letra a)

- Considerando o solstício de inverno em Uruguaiiana, calcule o tempo de insolação da fachada (ou janela) Norte.

- Insira a latitude da cidade de Uruguaiiana.
- Identifique a linha indicativa da trajetória solar no solstício de inverno.
- Trace uma linha do centro da carta solar até a posição do nascer e outra partindo do centro até a posição do pôr do Sol (figura 17).

Logo, esse procedimento resultará em: **nascer do Sol às 07:00 h e pôr às 17:00 h, fornecendo-nos a medida de 10 h solares** (conforme a figura 17).

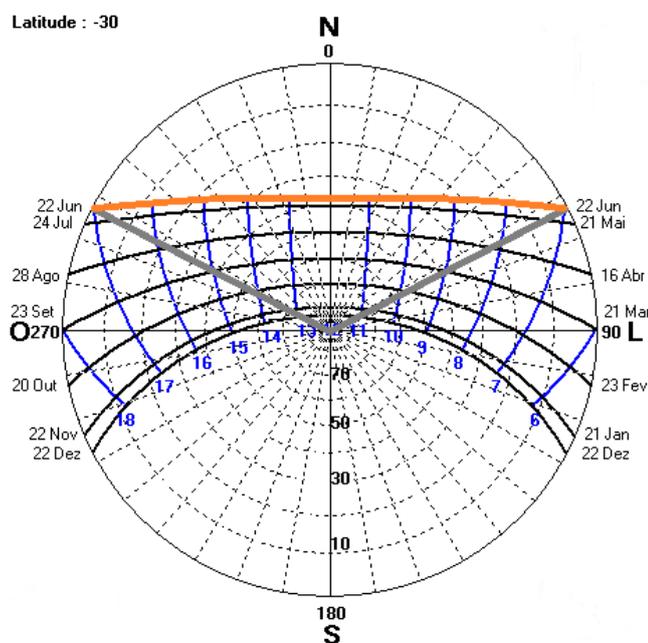


Figura 17: Representação da marcação do período de insolação para a janela Norte no solstício de inverno na carta solar de Uruguaiiana. Atividade 2 a).

Problema 2: a título de exemplo, resolução da letra e)

- Considerando o dia 23 de fevereiro em Uruguaiiana, estime o tempo de insolação para a janela Sul.

- Insira a latitude da cidade de Uruguaiiana.
- Identifique a linha indicativa da trajetória solar em 23 de fevereiro; repare que ela é a mesma do dia 20 de outubro.
- Observe que a janela Sul receberá insolação, inicialmente, no período da manhã apenas, entre às 05:30 h e 07:10 h (valores aproximados). Depois, somente receberá insolação novamente no período da tarde entre às 16:50 h e 18:30 h (valores aproximados).

Logo, esse procedimento resultará, em valores aproximados: **1h 40min (manhã)** e **1h 40min (tarde)**, fornecendo-nos a medida de **3h 20min** de insolação na janela Sul (conforme a figura 18).

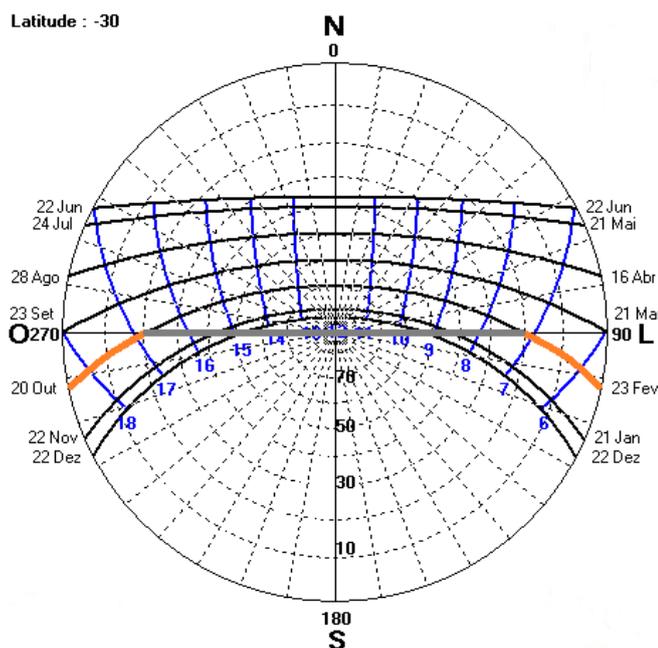


Figura 18: Representação da marcação do período de insolação para a janela Sul no dia 23 de fevereiro na carta solar de Uruguaiiana. Atividade 2 e).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leitor deve ter percebido que nos utilizamos, do início ao fim, de uma família de objetos-modelo conceituais [30] a fim de auxiliar na compreensão da temática do movimento diário do Sol por meio da carta solar; um entendimento que será obtido aos poucos, progressivamente, na medida em que os estudantes forem se apropriando das figuras (objetos-modelo) e, principalmente, dos conceitos que elas encerram. De acordo com a epistemologia Bungeana dos modelos, os objetos-modelo funcionam como pontes de ligação entre as teorias e a realidade, operando muitas vezes como obtentores de prova empírica ou ainda como confirmadores de teorias; ou seja, é com auxílio dos modelos, sempre de modo idealizado e aproximativo, que conseguimos conhecer algo da realidade.

Percebemos que o “movimento aparente do Sol no céu” (movimento diário do Sol) é explicitamente indicado pela BNCC [2, p. 334] como um “objeto de conhecimento” a ser estudado a partir do 2º ano do Fundamental, sem a exigência de distinções conceituais muito abstratas, respeitando-se a fase inicial do letramento no desenvolvimento das crianças; reaparecendo depois, de modo gradual e progressivo, entre as habilidades e competências dos 5º e 6º anos; conhecimento este que poderá ser retomado no 8º ano, quando se estuda as estações do ano.

Acreditamos que, devido à profundidade conceitual envolvida no estudo das cartas solares, a proposta deste artigo deva ser mais bem avaliada com estudantes a partir do 8º ano do Ensino Fundamental e ao longo do Ensino Médio, onde há uma maior carência de materiais didáticos de astronomia; além disso, conforme o documento oficial [2] é nessa etapa final do Fundamental que os alunos demonstram uma curiosidade mais aguçada, notando-se uma progressiva capacidade de abstração e autonomia de pensamento, principalmente nos últimos anos; no Ensino Médio, apesar do

assunto não ser um objeto de conhecimento a ser investigado, o movimento diário do Sol tornar-se uma possibilidade importante, pois, é justamente nesta fase final da Educação Básica que se espera uma “*consolidação e aprofundamento dos conhecimentos*” [2, p. 464] obtidos no Ensino Fundamental. Além disso, é nessa última etapa da educação escolar que é possível uma maior relação entre os fenômenos naturais e os artefatos tecnológicos, entre a apropriação dos conceitos e as diferentes linguagens.

Talvez uma das principais limitações deste trabalho seja a ausência de um relato de experiência sobre a aplicabilidade das cartas solares no ambiente escolar, certamente um próximo passo a ser desenvolvido. Nossa intenção neste texto foi unicamente a de reunir alguns aspectos do movimento diário do Sol e de seu funcionamento por meio de cartas solares, apresentando uma breve visão sobre o que é, para que serve e como funciona uma carta solar, convergindo para alguns exemplos de problemas que podem ser resolvidos na Escola, com o auxílio do *software SOL-AR 6.2*. Percebemos que tanto o movimento diário do Sol quanto as cartas solares são objetos do saber astronômico mais elaboradamente investigados na Educação Superior, nos cursos de arquiteturas e engenharias, os quais também podem ser objetos do saber escolar desde que adequadamente transpostos para o ensino, respeitando-se o nível de desenvolvimento dos alunos.

Por fim, como proposta de trabalho futuro, pretendemos desenvolver um jogo didático com as cartas solares, de modo que seja possível comparar o movimento diário do Sol para diferentes localidades do mundo (hemisfério sul e hemisfério norte) estimulando nos alunos a identificação, a comparação e a compreensão das distintas trajetórias solares para as distintas regiões que se está a considerar, de modo a auxiliá-los na busca de uma compreensão cada vez mais aprofundada e divertida das noções e conceitos astronômicos envolvidos.

Esperamos que este trabalho possa despertar nos estudantes um maior interesse pela astronomia e, quem sabe, venha orientar suas escolhas profissionais na direção das carreiras científicas e tecnológicas, cada vez mais urgentes e necessárias para o nosso desenvolvimento humano.

Agradecimento:

Os autores agradecem ao programador visual da Universidade Federal do Pampa, Jonas Weber Brum, pelo auxílio no redesenhamento dos modelos deste trabalho. Além disso, os autores agradecem aos revisores da RBEF pelas valiosas sugestões oferecidas.

8 REFERÊNCIAS

- [1] CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sábido Al Saber Enseñado**. Tradução de Claudia Gilman, 3.ed. Buenos Aires: Aique grupo Editor, 2005.
- [2] BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 01 de setembro de 2020.
- [3] NEWTON, I.; **Principia - Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Nova Stella/EDUSP, São Paulo, 1990, volume 1. Tradução de T. Ricci; L. G. Brunet; S. T. Gehring e M. H. C. Célia.
- [4] BEDAQUE, Paulo; BRETONES, Paulo Sérgio. O Sol está a pino ao meio-dia? Revista Brasileira de Ensino de Física. vol. 42, 2020 (online).
- [5] LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia no Brasil: educação formal, informal, não-formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 31, n.4: p. 4402-1/ 4402-11, dez. 2009.
- [6] AMARAL, P.; OLIVEIRA, C.E.Q.V. Astronomia nos livros didáticos de Ciências – uma análise do PNLD 2008. Revista Latino-americana de Educação em Astronomia, n.12, p. 31-55, 2011.
- [7] JUNIOR, José Gidauto dos Santos Lima; ANDRADE, José Elisandro; DANTAS, Jeânderson de Melo; GOMES, Luiz Moreira. Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. Scientia Plena, v.13, n. 1, 2017.
- [8] F.S. Silva, Objetos-modelo no ensino de astronomia e o processo da transposição didática. Dissertação de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (2011).

- [9] SILVA, Fernando Siqueira da. CATELLI, Francisco. Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). *Revista brasileira de ensino de física*, v. 42, 2020 (online).
- [10] LANGHI, R. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. *Caderno brasileiro do ensino de física*, Florianópolis, v.28, n.2, p.373-399, 2011.
- [11] DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.
- [12] SILVA, Fernando S.; CATELLI, Francisco; GIOVANNINI, Odilon. Um modelo para o movimento anual do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 27, n.1, p. 7-25, abr. 2010.
- [13] ANDERSON, P. S. (Ed. coord.). **Princípios de Cartografia Básica**. Volume No.1 (Capítulos do 1 ao 7), Série Princípios de Cartografia, 1982.
- [14] A. P. MIGUENS, **Navegação: A Ciência e a Arte: volume I** - Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas, Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.1993.
- [15] **Cartografia** / Marcus Vinícius Chagas da Silva, Érika Gomes Brito. - Fortaleza: EdUECE, 2015.
- [16] LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. São Paulo: ProLivros, 2013.
- [17] BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos**. 4. ed. rev. e ampl. Maceió: EDUFAL, 2004.
- [18] FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- [19] F.S. Silva e F. Catelli. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. *Revista Brasileira de Ensino Física* 41, e20190029 (2019).
- [20] FILHO, Kepler de Souza Oliveira; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira, *Astronomia e Astrofísica*, 1ª edição, Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2000. Referência on-line: <http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>
- [21] CANALLE, J.B.G. O problema da órbita da Terra. *Física na Escola*. v. 4, n. 2, 2003.
- [22] PAIVA, Manoel Rodrigues. **Matemática**. São Paulo: Editora Moderna, 1.ed. v.3, 1995.
- [23] BARRABÍN, J. M. ¿Por qué hay veranos y inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las ciencias*, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1995.
- [24] BISCH, S. M. *Astronomia no 1º grau: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores*. (Tese de doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1998.
- [25] CANALLE, J. B. G. (1999). Explicando astronomia básica com uma bola de isopor. *Caderno Cat. Ens. Fís.*, 16 (3): 314-331.
- [26] LEITE. C. *Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2002.
- [27] SOBREIRA, P. H. A. Estações do Ano: concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia. In: **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Marcos Daniel Longhini (Org.). Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- [28] BIZZO, N. Graves erros de conceitos em livros didáticos de Ciência. *Ciência Hoje*, v.121, n. 21, p. 26-35, 1996.

[29] CANALLE, J.B.G. O livro didático de geografia e seu conteúdo de astronomia. Revista Geouerj, v. 4, p. 73-81, 1998.

[30] BUNGE, Mário. **Teoria e Realidade**. Coleção Debates. Tradução de Gita K. Guinsburg. Editora Perspectiva S. A. São Paulo, 1974.

APÊNDICE D - REA no Ensino do Movimento Diário do Sol

REA no Ensino do Movimento Diário do Sol

Fernando Siqueira da Silva¹, Pedro Antônio Ourique², Francisco Catelli³, Michel Mansur Machado⁴,
Carlos Maximiliano Dutra⁵

¹ Universidade Federal do Pampa, Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, São Borja–RS, Brasil.

² Faculdade Anhanguera, Caxias do Sul–RS, Brasil.

³ Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul–RS, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana–RS, Brasil.

⁵ Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana–RS, Brasil.

Neste artigo apresentamos um novo Recurso Educacional Aberto (REA) para o Ensino de Astronomia. Trata-se de um modelo didático digital para o ensino do movimento diário do Sol que foi elaborado no GeoGebra, a partir da transposição didática de um objeto-modelo analógico, com acesso livre pela internet. Em teste comparativo com dados de um modelo científico para a duração do dia, concluímos que os dados do modelo didático são bastante aproximados da realidade, com pequeno erro percentual. Foram desenvolvidas algumas atividades autoexplicativas e interativas envolvendo a) o movimento diário do Sol; b) as diferentes direções do nascimento e ocaso do Sol anual e c) a duração aproximada do período diurno para qualquer localidade da Terra. Essas são temáticas que, conforme a nossa análise da BNCC (2018), poderão ser trabalhadas no Ensino de Ciências no Ensino Fundamental a partir do 5.º ano. Esperamos, com este trabalho, contribuir com a prática dos professores do Fundamental no Ensino de Astronomia, promovendo o uso de outros materiais didáticos mais contemporâneos a serem utilizados de modo complementar ao livro didático.

Palavras-chave: Software didático aberto; Material didático; Modelização; Ensino de Astronomia; Movimento diário do Sol.

In this article we present a new Open Educational Resource (OER) for the Teaching of Astronomy. It is a digital didactic model for teaching the daily movement of the Sun that was developed in GeoGebra, from the didactic transposition of an analog model-object, with free internet access. In a comparative test with data from a scientific model for the duration of the day, we concluded that the data from the didactic model are very close to reality, with a small percentage error. Some self-explanatory and interactive activities were developed involving a) the daily movement of the Sun; b) the different directions of the annual sunrise and sunset and c) the approximate length of the diurnal period for any location on Earth. These are themes that, according to our analysis of the BNCC (2018), can be worked on in Science Teaching in Elementary School from the 5th year onwards. We hope, with this work, to contribute to the practice of elementary school teachers in Astronomy Teaching, promoting the use of other more contemporary teaching materials to be used as a complement to the textbook.

Keywords: Open teaching software; Didactic material; Modeling; Astronomy teaching; Daily movement of the Sun.

Introdução

Observamos hoje, mais do que nunca, o quanto as nossas relações sociais tornaram-se, inevitavelmente, cada vez mais dependentes do uso das tecnologias, principalmente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) que, com o advento da pandemia da COVID 19, assumiram uma posição crucial e irreversível no âmbito educacional. De quase exceção à regra vimos o ensino *online* tornar-se algo fundamental para a continuidade das atividades escolares, no mundo todo. Evidenciaram-se alguns termos como, por exemplo, ensino híbrido ou *blended learning* para designar uma nova modalidade de ensinar e aprender que combina diferentes espaços e metodologias, integrando de modo complementar o ensino presencial e o ensino *online* (MONTEIRO, 2020). Assim, a busca por recursos educacionais digitais passou a ser uma nova tendência na chamada sociedade digital, uma sociedade composta de um coletivo de usuários (estudantes, professores, pesquisadores, cientistas) que empregam em suas rotinas diárias de trabalho, de resolução de problemas, de informações e de comunicações, as mais diversas TDIC (SILVA, 2021).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) define que os conteúdos de Astronomia devem ser trabalhados de forma gradual ao longo de todo o Ensino Fundamental. Em nossa análise desse documento oficial percebemos que a temática do “movimento diário do Sol” é sugerida desde os anos bem iniciais, a partir do 2.º ano até o 4.º ano, porém chamando a atenção para o nível de desenvolvimento das crianças nessa fase mais inicial, fase do aprender a ler e

escrever, portanto, sem a necessidade de atividades demasiadamente conceituais ou abstratas, o que deve, sim, ser perseguido, mas de modo gradual conforme as crianças vão progredindo entre os anos. Assim, no 2.º ano as habilidades indicadas estão relacionadas as descrições do movimento diário do Sol em distintas horas do dia, também aquelas associadas ao tamanho da sombra solar projetada pelos objetos (EF02CI07) (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021, e20200520-2). Já no 3.º ano o foco é na observação do céu, com registros sobre os períodos do dia e da noite, isto é, com registros sobre quando o Sol está visível e quando ele não está (EF03CI08) (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021, e20200520-2). No 4.º ano é então indicado o estudo dos pontos cardeais com auxílio de um gnômon (EF04CI09) e de uma bússola (EF04CI10) (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021, e20200520-2).

Entretanto, observamos ser apenas entre os 5.º e 6.º anos (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021, e20200520-3), em uma fase de transição entre o término dos anos iniciais e começo dos anos finais que o movimento diário do Sol reaparece, subentendido entre as habilidades a serem desenvolvidas, a ser trabalhado de modo um pouco mais conceitual, se comparado aos anos bem iniciais. A associação a partir do 5.º ano parece ser outra: “A associação agora exige um ir além de uma simples observação e identificação da sombra solar em uma estaca vertical; um ir além de uma concepção sobre os 4 pontos cardeais; requer um pensar mais abstrato a respeito do movimento diário do Sol” (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021, e20200520-3) que deve estar associado aos movimentos de rotação e translação da Terra (EF05CI11). Além disso, é o momento de inferir sobre as mudanças no comportamento da sombra solar, ao longo do dia e do ano, como decorrência natural dos movimentos concernentes ao Sol e à Terra (EF06CI14). Recentemente, de modo a contribuir com a superação das insuficiências do livro didático no Ensino de Astronomia, propomos (SILVA; CATELLI, 2020) um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD), uma categoria de modelo analógico didático, ou melhor, um objeto-modelo analógico alicerçado na epistemologia Bungeana dos modelos (modelos científicos) e na didática das ciências (modelos didáticos), objeto que acreditamos possa ser utilizado na escola de modo complementar ao livro didático de ciências e geografia, com a função de contribuir com o ensino-aprendizagem do, a) movimento diário do Sol, b) das diferentes direções do nascimento e pôr solar ao longo do ano e, principalmente, para c)

previsão da duração aproximada do dia para qualquer local do mundo, de modo bastante “aproximado”.

Depois, apenas no 8.^o ano a temática do movimento diário do Sol volta a reaparecer, mais uma vez implícita entre as habilidades a serem desenvolvidas, quando então o documento oficial sugere o uso de modelos didáticos tridimensionais para representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar também o papel da inclinação do eixo de rotação na ocorrência das estações do ano. (EF08CI13). Percebemos, entretanto, que nos 7.^o e 9.^o anos a temática do movimento diário do Sol não é mencionada, tampouco no Ensino Médio. Em um estudo recente (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021) propomos algumas atividades escolares envolvendo o movimento diário do Sol, porém através de cartas solares, uma temática que acreditamos poderá ser trabalhada a partir do 8.^o ano do Ensino Fundamental e, principalmente, no Ensino Médio, quando as aprendizagens do Fundamental devem então ser retomadas e ampliadas. Conforme o documento oficial, é justamente nos anos finais que há “uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos” (Brasil, 2018, p. 343). Sustentamos ainda que, o movimento diário do Sol é do interesse do Ensino de Ciências da Natureza, dos cursos de formação continuada, pois se trata de um saber interdisciplinar que vem sendo indicado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como um saber a ensinar do Ensino de Ciências Naturais, com distintas habilidades a serem desenvolvidas entre os anos, desde os anos iniciais até os anos finais do Ensino Fundamental.

Neste artigo, nosso objetivo será propor o uso de um Recurso Educacional Aberto (REA) para o Ensino de Astronomia, ou melhor, propor algumas atividades educacionais utilizando um modelo didático digital para o ensino da temática em torno do movimento diário do Sol, modelo desenvolvido em um software didático aberto de matemática dinâmica (GeoGebra), elaborado a partir da transposição didática do OMMCAD (SILVA; CATELLI, 2020). Um modelo didático digital que é complementar ao modelo analógico e complementar ao livro didático, a ser utilizado em atividades escolares com alunos a partir do 5.^o ano do Ensino Fundamental, especialmente quando a modalidade adotada pelo professor for a híbrida, momentos em que é necessária uma alternância entre os ambientes e as situações de ensino-aprendizagem; momentos, também, em que os REAs acabam modificando e facilitando nossos modos de interação com os objetos do saber a ensinar, de todos

os tipos de usuários, sejam eles nativos digitais, sejam eles imigrantes digitais, sejam eles alunos ou professores, pesquisadores, cientistas.

Tecnologias Digitais no Ensino de Astronomia: a evolução das nossas representações

Assim como acontece com a noção de modelo, a noção de tecnologia possui múltiplos significados. É comum a ligação à etimologia grega, da junção dos termos “*tékhne*” e “*lógos*”, isto é, da junção entre a arte ou a técnica, com o ofício, com o estudo, com a pesquisa, com o conhecimento (VERASZTO *et al.*, 2008, p. 21). Ao contrário do que muitos possam imaginar: a internet, o computador, o celular, a televisão, exemplificando com objetos mais contemporâneos, essas não são as nossas únicas tecnologias. Apesar de invenções mais recentes que remontam ao século passado, esses objetos são produtos de construções humanas que não são nem um pouco comparáveis com as nossas mais primitivas tecnologias como, por exemplo, foi o caso da mão, depois dos dedos, depois mais da “vara” que, como uma prolongação analógica e artificial das mãos e dos dedos, alcançou os frutos mais doces, no topo das árvores? Mas, sem muitos devaneios, o fato é que as tecnologias constituem-se nestes artefatos, concretos ou abstratos, analógicos ou digitais, que estão por aí e que nos acompanham, dia a dia, facilitando a nossa vida, o nosso trabalho, as nossas atividades; seja na forma de objetos materiais, do tipo analógico (lápiz, caderno, quadro, giz, cadeira, classe, etc.) seja na forma de objetos imateriais, do tipo digital (*software*, internet, plataformas digitais, etc.), ou seja, podemos elencar um rol desses recursos, os quais quando intencionalmente e planejadamente utilizados transformam-se em tecnologias educacionais, tecnologias potencializadoras e facilitadoras dos processos de ensino-aprendizagem. Assim, sem delongas, vamos logo a uma definição bem geral para o termo. Tecnologia: “conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade” (KENSKI, 2012, p.18). Portanto, compreendemos a tecnologia como um produto da ciência, sempre em processo, constituído na forma de instrumentos, ferramentas, recursos, técnicas, métodos empregados na execução de atividades. Outros termos derivativos como, Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) são também

frequentemente empregados para falar do uso das tecnologias (analógicas ou digitais) na produção, tratamento e transmissão de informações, sempre com o intuito de auxiliar na comunicação. Caberia fazermos outra distinção, mas essa é uma discussão para outro momento: o fato é que nem sempre informação é conhecimento. Nem sempre a informação vira conhecimento. Por ora, aceitamos que, para haver conhecimento é preciso que a informação seja processada por nossas cabeças e através de representações mentais, modelos mentais, modelos conceituais que com a sua ajuda desenvolvemos, construímos e reelaboramos as nossas ideias, concepções, a partir das teorias que também estudamos, pesquisamos, desenvolvemos (MOREIRA, 2005).

Justamente, um dos desafios para o Ensino de Ciências na atualidade diz respeito à incorporação de conhecimentos contemporâneos em Ciências e Tecnologia (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 28). Conforme defendem alguns renomados educadores, espera-se que o ensino de ciências escolar deixe de ficar refém do livro didático e promova o uso de outros materiais didáticos mais contemporâneos, materiais paradidáticos e principalmente o uso dos materiais digitais de modo a enriquecer a formação cultural dos alunos e dos professores. Espera-se, pois, que Ciência e Tecnologia sejam compreendidas como um fenômeno cultural, desenvolvido ao longo do tempo, como efeito de um longo processo de produção de conhecimento humano, sócio historicamente determinado, não neutro, que é ainda pouco acessível à população escolar e que precisa ser conhecido e apropriado de modo a evitar compreensões acríticas e ingênuas. Esses são apenas alguns dos desafios para o Ensino de Ciências, segundo alertam os educadores ao trazerem fundamentos e métodos para o Ensino Fundamental:

Particularmente nos últimos cinco anos, tem-se acompanhado a produção de materiais didáticos que, de uma forma ou de outra, contemplam o conhecimento mais recente. **Trata-se de um conjunto minoritário** de livros didáticos e principalmente paradidáticos, além da oferta de **materiais digitais** em páginas na rede web [...] que já vem sendo utilizado, **embora por uma minoria de professores**. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 28, grifo nosso).

Em um estudo recente, educadores em astronomia (DUTRA; VERNIER, 2019) chamaram a atenção para as potencialidades das tecnologias digitais no Ensino de Astronomia, apontando para alguns trabalhos desenvolvidos na educação básica com o uso do software *Stellarium* (<http://stellarium.org/>), um planetário virtual

capaz de representar e simular o comportamento dos objetos celestes de forma bastante precisa, o qual é acessado gratuitamente pela internet, porém, com tecnologia móvel paga. Perceberam a existência de poucos trabalhos envolvendo o Ensino de Astronomia e o uso de dispositivos móveis, algo que é mais frequente em outras áreas como na química e na matemática, por exemplo, acentuado principalmente pelo crescente uso de *smartphones* e *tablets* entre os usuários. Assim, os pesquisadores realizaram um levantamento sobre os principais aplicativos de tecnologia móvel, entre gratuitos e pagos, disponíveis na loja virtual *Google Play*, que oferecessem dados sobre coordenadas horizontais (altura e azimute) e gráficos solares, aplicativos que fossem potencializadores das aprendizagens sobre o movimento diário do Sol. Foram considerados 7 aplicativos gratuitos que após testados e comparados com os dados fornecidos pelo modelo científico da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), foram indicados como tecnologias digitais seguras e precisas para serem utilizadas na Escola. Assim, com auxílio dos dados fornecidos por esses aplicativos, os pesquisadores sugerem o desenvolvimento de atividades escolares envolvendo a construção de gráficos. Como exemplo de aplicação, utilizaram os dados para a cidade de Uruguaiana-RS. Por fim, os pesquisadores consideram ser de bastante dificuldade a realização de atividades envolvendo a observações diurnas do movimento diário do Sol visto que muitas escolas não possuem tempo integral para isso, assim consideram importante a utilização de recursos educacionais abertos para auxiliar em atividades escolares que envolvam experimentação e o uso de celulares.

Mesmo que existam alguns poucos estudos envolvendo o uso de REAs no Ensino de Astronomia, parece-nos que haverá uma maior participação dos professores do Fundamental na utilização e exploração desses materiais didáticos mais contemporâneos apenas quando esses profissionais se dispuserem a superar alguns dos principais receios no uso das TDIC no ambiente escolar. Assim, é necessário se desafiar a reutilizar e a compartilhar recursos educacionais digitais, permitindo-se também o erro, à incerteza, à dúvida, já que o importante é interagir, é colocar a “mão na massa”, pois, como ocorre nas muitas situações da nossa vida com o mundo digital percebemos que a aprendizagem só se efetiva, de fato, depois de um tempo de prática.

Usuários e alguns receios no uso das TDIC

Já no início deste século notou-se em torno das tecnologias grupos distintos de usuários. Surgiu a teoria do “imigrante digital” e do “nativo digital” (PRENSKY, 2001) para falar das distintas características e formas de relacionamento entre as pessoas e as TDIC. Imigrante digital foi o termo utilizado, inicialmente, para falar daqueles usuários nascidos até 1980, que apesar de mais velhos e de acompanharem a evolução das tecnologias analógicas para digitais, apresentavam uma maior resistência ao digital. Nativo digital, foi o termo utilizado para falar daqueles nascidos após 1980, predominantemente mais jovens que, encontravam-se desde o berço rodeados pelas tecnologias digitais, nasceram na era do digital, portanto, usuários mais flexíveis e acostumados ao digital.

Entretanto, após passada uma década, essa teoria teve de ser reelaborada, pois, percebeu-se (PRENSKY, 2012) que a alegação da cronologia não se sustentava mais, ou seja, a data de nascimento não tinha mais muito sentido, já que era possível encontrar alguns contraexemplos de usuários mais jovens, nativos digitais, sem acesso às tecnologias digitais e, do mesmo modo, mais velhos, imigrantes digitais, que deliberadamente foram fundamentais para a evolução das tecnologias, nos últimos tempos. Assim, uma das principais explicações encontradas foi a questão da desigualdade sociodigital (pois, quando observamos mais de perto a realidade, concluímos que as tecnologias ainda não são para todos, ainda não se democratizaram como deveriam: vejamos, por exemplo, o alto custo de um computador ou celular, medianos). Esta nova percepção levou a uma evolução na teoria dos usuários, pois, realmente, a distinção não se sustentava mais apenas na cronologia, mas sim, de um lado, na questão da desigualdade sociodigital e, de outro lado, na questão do saber digital: das habilidades humanas em utilizar e empregar as TDIC em atividades. A questão do saber digital explicava assim o motivo de existirem pessoas mais velhas, imigrantes digitais, com características de nativos, que mesmo nascidos antes da década de 80 contribuíram deliberadamente para a construção das tecnologias digitais. Para estes usuários foi atribuído o termo “colonizador digital” (PALFREY; JOHN; GASSER, 2011) designando aquelas pessoas nascidas na era analógica, antes de 1980, portanto, mais velhas, mas que cresceram com o mundo digital, desenvolveram o seu próprio saber digital, contribuindo para a evolução das tecnologias digitais, como foram os casos de, por exemplo, Bill Gates, com a *Microsoft*, Steve Jobs, com a *Apple*, Richard Stallman,

com o movimento do *software* livre, Linus Torvalds, com o *Linux* e, podemos citar ainda, o caso de Markus Hohenwarter com o GeoGebra, conforme veremos no decorrer desse texto.

O interessante é que essa teoria dos usuários (PRENSKY, 2001) também fundamentou pesquisas no Brasil, como foi o caso do estudo de Tori (2010) que concordou que o cérebro dos nativos digitais difere do cérebro dos imigrantes digitais. A forma dos usuários mais jovens aprenderem é diferente. Enquanto os nativos digitais curtem jogos, gostam de multitarefas, precisam de motivação e recompensa, preferem trabalhar em rede, preferem atividades não-lineares, os imigrantes digitais, por outro lado, possuem hábitos distintos, eles carregam os seus próprios “*sotaques*”, característicos da linguagem dos imigrantes, às vezes em desacordo com a cultura digital como, por exemplo: ao fazerem uso primário de fontes de informação do tipo analógicas, ao fazerem leituras de manuais de instruções sobre produtos, ao realizarem impressões de documentos para leituras. De acordo com Tori (2010, p. 218) os desafios do imigrante digital, principalmente dos professores enquadrados nesta categoria, residem na superação dos seus *sotaques* e no ir das antigas tecnologias em direção das novas tecnologias.

Recentemente, em um seminário de pesquisa de uma componente curricular sobre TDIC no Ensino de Ciências, com estudantes de pós-graduação em educação em ciências, quando perguntado pelo docente sobre a percepção dos pós-graduandos sobre quais eram as maiores dificuldades ou os principais receios dos professores com relação ao uso das TDIC no ambiente escolar, surgiram as seguintes percepções¹⁴:

- a) A falta de domínio sobre os recursos ou ferramentas tecnológicas;
- b) Os erros apresentados pelas tecnologias durante o desenvolvimento das atividades de ensino-aprendizagem;
- c) A exigência da mudança do método de ensino;
- d) A existência de alunos que dominam as tecnologias, mais do que o professor;
- e) As dificuldades com a multiplicidade de ferramentas que exigem aprendizado e domínio;
- f) A desigualdade sociodigital;

¹⁴Percepções sistematizadas a partir do padlet: <https://padlet.com/michelmachado/fkegnnqz38jorxg3>

- g) A falta de tempo para pesquisa e apropriação;
- h) O desinteresse pessoal;
- i) A falta de infraestrutura nas escolas;
- j) A falta de suporte técnico nas escolas;
- k) A precariedade dos materiais informatizados fornecidos pela escola;
- l) A carência de formação e preparação com as tecnologias;

A fala dos pesquisadores, estudantes de pós-graduação, alguns deles também professores, demonstram a existência de uma série de dificuldades ou receios que acabam muitas vezes por limitar o uso das TDIC no ambiente escolar, problemas que segundo apontam os pós-graduandos precisam ser enfrentados e superados. Dessas percepções, podemos concluir que às dificuldades e os receios podem estar relacionados, de modo geral, a muitos aspectos, entre eles: às necessidades tecnológicas dos usuários; às insuficientes habilidades e competências com a linguagem digital, com o desenvolvimento do saber digital; à falta de formação; à falta de infraestrutura tecnológica das escolas; à desigualdade sociodigital e; à resistência dos usuários ao digital. Estas, parece-nos, são algumas percepções importantes sobre as barreiras que precisamos ultrapassar se quisermos incorporar ciência e tecnologia no ambiente escolar. Percepções que demonstram, ainda, a necessidade de maiores investimentos em políticas públicas de acesso, de modo a ampliar e a garantir o alcance a todos os usuários às tecnologias: principalmente às TDIC.

Recurso Educacional Aberto (REA): uma amostra entre professores brasileiros e estadunidenses

A noção de REA é recente, ela foi apresentada pela primeira vez no fórum da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em 2012, para falar de “software didático aberto” (UNESCO, 2012, p.1), ou seja, para indicar:

[...] os materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições.

Assim, os REAs caracterizam-se como quaisquer materiais ou recursos digitais destinados ao tripé ensino-aprendizagem-pesquisa, no formato de software didático livre, público, gratuito, aberto, acessado livremente pela internet, podendo ser utilizado, reutilizado, alterado, compartilhado por qualquer pessoa, principalmente pelos alunos e professores (ZANGALI; MENDES, 2020).

Uma contribuição importante é a de um estudo exploratório recente (ZANGALI; MENDES, 2020) realizado com 52 professores brasileiros e 10 estadunidenses, todos docentes do Ensino Fundamental, identificando distintas concepções sobre REAs e suas utilizações e compartilhamentos em atividades escolares. O estudo também aborda e compara algumas pesquisas educacionais estadunidenses e brasileiras, identificando usos distintos entre os professores. De acordo com esses pesquisadores, os REAs podem ser entendidos como quaisquer *softwares* públicos que possam ser modificados, alterados, colaborativamente, por qualquer pessoa, mas ainda são pouco conhecidos pelos professores do Fundamental. O estudo considera ainda que, a utilização de REAs além de otimizar o tempo de aula pode ainda facilitar o ensino-aprendizagem: através de atividades em que, em um primeiro momento, os alunos se apropriariam desses recursos e, depois, em um segundo momento, realizariam debates para avaliar as suas aprendizagens com eles.

REAs em pesquisas educacionais estadunidenses

O estudo (ZANGALI; MENDES, 2020, p.3) apresenta uma visão sobre REAs a partir de três pesquisas educacionais estadunidenses. A primeira pesquisa é de uma habilitação com REA realizada em 2015, com a participação de 95 escolas de Washington, denominada “#GoOpen”, contando com a participação de quase 12.000 estudantes do Ensino Fundamental, porém, com baixa aderência docente devido às críticas sobre a qualidade do material. Durante 3 anos a pesquisa avaliou a aprendizagem dos alunos que utilizavam apenas REAs e, daqueles alunos que utilizavam apenas livros didáticos e a conclusão foi a de que um mesmo aprendizado foi obtido, não havendo diferença significativa. Assim, concluíram que os REAs podem substituir os livros didáticos. Os pesquisadores chegaram a esta conclusão depois de 8 anos de pesquisa, a partir de 16 estudos sobre REAs, concluindo que os REAs têm algumas vantagens se comparado ao livro didático

como, por exemplo: o baixo custo para os alunos e, principalmente, a capacidade de facilitar o aprendizado visto que requer um trabalho colaborativo, oportunizando um olhar crítico sobre os saberes.

A segunda pesquisa estadunidense (ZANGALI; MENDES, 2020, p.4) defendeu uma pedagogia mais aberta, descentralizada, em que alunos e professores, de modo colaborativo, constroem e desconstruem, com autonomia e autodireção, os REAs empregados nas atividades. Para isso, as relações educacionais requerem grupos de trabalho autônomos, descentralizados, em equipe e colaborativos.

A terceira pesquisa (ZANGALI; MENDES, 2020, p.4) analisou o uso dos REAs no ensino superior, em 1.400 IES, com a participação de quase 22.000 alunos. Os pesquisadores concluíram que o uso dos REAs melhorou tanto a qualidade educacional quanto a acessibilidade, contribuindo para uma possível queda na evasão devido ao aumento de estudantes concluintes dos cursos. Assim, os educadores concluíram que o uso de REAs é uma estratégia importante para a equidade, pois oportunizam aos alunos de baixa renda acesso a cursos e materiais de qualidade, de forma gratuita.

REAs em pesquisas educacionais brasileiras

No Brasil, o estudo sobre REAs é bem recente, o primeiro passo ocorreu em 2008 quando da visita da Delegação Internacional de REAs ao Ministério da Educação (MEC) (ZANGALI; MENDES, 2020, p.4), que a partir daí começou a pensar em políticas públicas de acesso à população brasileira, fundamentado na ideia de bem comum e para promover o acesso, o uso e o reuso desses recursos abertos, os quais foram vistos como tecnologias sociais capazes de promover o desenvolvimento sustentável do país.

Conforme os pesquisadores (ZANGALI; MENDES, 2020, p.5) nesse mesmo ano de 2008 fundou-se a REA-Brasil, por Carolina Rossini, a qual visava adequar as ideias do movimento internacional à matriz local. Um pouco tempo depois, em 2012, houve a participação de brasileiros no 1.º Congresso Mundial de REAs, momento em que se publicou a Declaração REA de Paris, sintetizada na ideia dos 4Rs: reutilizar, revisar, remixar e redistribuir, uma forma de resumir e falar das ações e das liberdades de utilização dos REAs:

REUTILIZAR: liberdade de utilizar o material em sua forma original ou modificada; REVISAR: liberdade de adaptar, ajustar, modificar, atualizar, traduzir ou alterar; REMIXAR: liberdade de combinar o material original ou revisado com outro para criar algo (novo); e REDISTRIBUIR: liberdade de compartilhar cópias do conteúdo original, das revisões ou do 'remix'. (ZANGALI; MENDES, 2020, p.5).

Dentre os 4Rs, a reutilização e o compartilhamento têm sido considerados as maiores dificuldades enfrentadas pelos educadores durante o uso das TDIC, assim como a falta de investimento em projetos, haja vista a ausência de políticas públicas de fomento (ZANGALI; MENDES, 2020, p.5).

O estudo exploratório, através de aplicação de questionários, identificou que 61,5% dos professores brasileiros consultados conheciam REAs, praticamente o mesmo percentual encontrado entre os professores estadunidenses, 60%. Identificou também que os professores brasileiros tinham um maior hábito de compartilhar REAs do que os estadunidenses. Identificou, ainda, um baixo percentual de reutilização entre os professores, de ambos os países, de cerca de 40%. Por fim, identificou que as maiores necessidades dos professores brasileiros eram por atividades já desenvolvidas e prontas para impressão, visto a sua carga horária excessiva, o grande número de turmas e a falta de tempo para realizarem pesquisas. Enquanto a necessidade dos professores estadunidenses era outra, eles estavam mais atrás de propostas de formação complementar, as quais buscavam em livros ou em leituras na *web*.

O estudo constatou (ZANGALI; MENDES, 2020, p.10) que os professores brasileiros enfrentam condições precárias para usar REAs. Apesar disso, gostariam de utilizar esses recursos mesmo sem saber como, pois, percebem que ainda precisam desenvolver as suas habilidades com o saber digital, com as TDIC, embora isso também seja um reflexo da carência de políticas educacionais. Considerou ainda que os professores estadunidenses indicam o uso especialmente para sua formação continuada. Assim, embora a amostragem seja insuficiente para afirmar estatisticamente algo sobre a população em torno dos REAs, os pesquisadores concordam que o estudo traz dados importantes sobre as lacunas (ZANGALI; MENDES, 2020, p.11) de utilização como, por exemplo, à falta de implementação de planos de aula com REAs baseados nos 4Rs; o debate em torno da lei dos direitos autorais e; o incentivo aos valores de solidariedade, colaboração e compartilhamento. Além disso, os pesquisadores sustentam que os REAs

democratizam o saber, pois além de incentivar a inclusão social através de plataformas *online* ou de *softwares* livres, também incentivam o trabalho colaborativo, através de uma aprendizagem social, a qual permite que professores de outros lugares geográficos possam ser aproximados de modo virtual.

Visando contribuir com o preenchimento de algumas dessas lacunas do uso de REAs, entre os professores, especificamente relativo à carência de planos de aula com REAs baseados nos 4Rs, conforme apontaram os pesquisadores (ZANGALI; MENDES, 2020, p.11), nossa proposta neste texto será justamente propor uma sugestão de plano de aula com atividades voltadas a temática do movimento diário do Sol com auxílio do modelo no GeoGebra, através de simulações e previsões sobre esse movimento, para qualquer localidade do mundo, de modo bastante aproximado. Ressalta-se que essa temática envolve um dos mais antigos fenômenos naturais já estudados pela humanidade (HOGBEN, 1970), portanto, de grande importância cultural e social. Entretanto, parece-nos que o saber em torno da temática do movimento diário do Sol é ainda pouco explorado no Ensino Fundamental, e este é um desafio que nos parece possa ser enfrentado através dessas interações com REAs, com *software didático aberto*: um potencializador das atividades escolares de ensino-aprendizagem-pesquisa, com o diferencial de poder ser reutilizado, revisado, remixado, redistribuído, através da *web* de forma pública, gratuita, aberta, democratizada, através de um link de internet, através do computador ou de dispositivos móveis¹⁵.

GeoGebra: uma mistura de Geometria com álgebra

O que é GeoGebra? Essa foi a primeira pergunta que Markus Hohenwarter, ao lado de sua colaboradora Judith Preiner, buscaram responder no artigo “*Dynamic Mathematics with GeoGebra*”, em março de 2007, na revista eletrônica “*The Journal of Online Mathematics and Its Applications*” (HOHENWARTER; PREINER, 2007), na mesma época em que o *software* já era promovido de forma gratuita pelo Ministério

¹⁵A partir de 2014, com os estudos de David Wiley (MALLMANN, 2019, p. 125), chamou-se a atenção para uma quinta categoria nas ações e liberdades de uso de REAs pelos usuários, a possibilidade de REter ou “*retain*”. O 5.ºR considera a possibilidade de os usuários reterem para si uma cópia dos recursos educacionais abertos, de modo livre, gratuito, através de um processo de duplicação do material ou de *download* do material, o qual pode também ser compartilhado, porém, sem desconsiderar os autores e co-autores originais de permanecerem com seus nomes ligados ao recurso, à obra, como seus primeiros idealizadores.

da Educação Austríaco em suas escolas e universidades; um ano após ter chegado nos E.U.A., em julho de 2006, na Universidade Atlântica da Flórida, onde passou também a ser desenvolvido.

Segundo o informata e matemático austríaco, Markus Hohenwarter, o GeoGebra originou-se, inicialmente, entre os anos de 2001 e 2002 como parte da sua dissertação de mestrado em educação matemática e ciências da computação na Universidade de Salzburg na Áustria, ampliado posteriormente com o auxílio de uma bolsa de estudos de doutoramento pela Academia Austríaca de Ciências. Comentou ainda que neste meio tempo, entre o mestrado e o doutorado, o recurso educacional aberto ganhou vários prêmios internacionais sendo traduzido por instrutores e professores de matemática para 25 idiomas.

GeoGebra é um Software de Matemática Dinâmica (DMS) para o ensino e aprendizagem de matemática [...] é tão fácil de usar quanto o Software de Geometria Dinâmica (DGS), mas também fornece recursos básicos de Sistemas de Álgebra Computacional (CAS) para preencher algumas lacunas entre geometria, álgebra e cálculo. (HOHENWARTER; PREINER, 2007, p. 1).

O GeoGebra é, portanto, um *software* didático digital, um modelo didático digital que mistura geometria interativa e álgebra computacional em uma interface integrada e fácil de usar. Foi inicialmente desenvolvido para facilitar o ensino-aprendizagem de matemática, mas tem atualmente sido utilizado por muitos profissionais, entre eles professores de matemática, engenheiros, informatas, educadores em ciências, estudantes em geral. É um software livre e de código aberto sob licença GNU (General Public License) cujo objetivo é assegurar a sua liberdade de compartilhamento e alteração em todas as suas versões de forma gratuita, a todos os seus usuários, disponível em: www.geogebra.org.

Três anos depois, em 2010, Markus Hohenwarter já então professor de Educação Matemática na Universidade austríaca de Johannes Kepler de Linz, em parceria com Zsolt Lavicza, professor da Faculdade de Educação da Universidade de Cambridge (UK) publicaram outro artigo: “*GeoGebra, its community and future*” (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010) para falar da gigantesca popularização que o *software* atingiu no ensino-aprendizagem de matemática, tendo agora dobrado o seu número de traduções (52 línguas) e utilizações (190 países), com cerca de 300.000 usuários mensais.

Tamanha dimensão global e crescimento fez nascer o Instituto Internacional GeoGebra (IGI), no final de 2007, de modo a servir como uma organização sem fins lucrativos e de apoio a todos os seus usuários e membros da comunidade, grande parte dela composta de professores de matemática. Os quatro principais objetivos do IGI, conforme os autores, são: 1) Oferecer formação e apoio ao professor; 2) Desenvolver materiais didáticos e de software; 3) Conduzir pesquisas; 4) Divulgar para comunidades menos favorecidas. (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010, p. 3). O IGI é o Instituto Internacional a partir de onde se ramificam outros Institutos GeoGebra Locais (GI), os quais são criados e organizados por docentes de Universidades e outras Instituições envolvidas com a formação de professores, em diferentes países, pesquisadores que concordam com os objetivos do IGI, mas têm a sua própria organização baseada na realidade local. Nesta publicação de 2010 os autores trazem novos dados: “Atualmente, existem 42 Institutos GeoGebra locais em 32 países [...] e todos eles estão fazendo um trabalho valioso e diversificado para a comunidade GeoGebra.” (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010, p.3).

Recentemente, entre os dias 11 e 12 de junho de 2021, ocorreu o “IX Día Geogebra Iberoamericano e IV Día GeoGebra Argentina” organizado pelo Instituto GeoGebra La Plata (AR), que criou um espaço para troca de experiências entre usuários e membros da comunidade a respeito do uso do GeoGebra na Educação Matemática. Devido à pandemia, o evento agendado para ocorrer em 2020, aconteceu com um semestre de atraso e de modo *online* com transmissão via *Youtube* (IG LA PLATA, 2021). O evento contou com a participação de Institutos GeoGebra da América Latina e com a participação especial de Markus Hohenwarter e sua colaboradora Julia Wolfinger com a conferência: “*GeoGebra - the present and the future*”. Na ocasião, o criador do GeoGebra comentou que, devido à Pandemia da Covid-19, nos últimos anos foram criados vários recursos para auxiliar no ensino à distância, recursos gratuitos e de código aberto para facilitar o uso da comunidade. Assim, na página do *software* existem vários recursos para auxiliar no ensino-aprendizagem de matemática, com atividades para toda a educação básica e até para o ensino superior¹⁶. Atividades que podem ser traduzidas para qualquer língua.

¹⁶ <https://www.geogebra.org/m/vmdgd7nc>

Segundo os conferencistas, recentemente em 2020 foi criado o *GeoGebra Classroom*¹⁷ que permite ao professor a criação de uma sala de aula virtual para acompanhar as atividades realizadas por cada aluno em tempo real, podendo ser compartilhada com outro professor para uma aula em conjunto. Recurso que ainda dispõe de uma mesa digital para ser usada pelo professor, que precisará criar uma conta no GeoGebra. Já os alunos não precisam se cadastrar para acompanhar a aula, porém caso queiram se cadastrar, poderão ainda gravar as atividades realizadas em aula em seus perfis, podendo retomá-la quando necessário.

Até o momento o GeoGebra facilita muito a comunicação entre professores e estudantes, porém não existe um recurso para a comunicação entre os próprios estudantes. Assim, segundo os conferencistas, está sendo desenvolvido uma plataforma para realização de trabalhos em grupo, que deve ser disponibilizada aos usuários durante o segundo semestre de 2021. Uma ferramenta é um editor para escrever equações e a outra é um sistema de *chat* para que os estudantes possam trocar mensagens dentro do *Classroom*; além disso, está sendo desenvolvida uma plataforma multiusuário onde vários estudantes podem interagir em tempo real para realizar uma mesma atividade.

De modo a solucionar um problema recorrente no *GeoGebra Classic* que, embora funcione muito bem no *Windows*, *Linux* e na *Web*, não podia ser usado em telas pequenas como em celulares, então nos últimos anos foram sendo desenvolvidas interfaces que agora podem ser utilizadas em *smartphones*. No momento (quadro 1) são disponibilizados os aplicativos: calculadora gráfica, calculadora 3D, geometria e calculadora simbólica (CAS), no futuro serão disponibilizados todos os aplicativos da *suíte* do *GeoGebra Classic*. Portanto, trata-se do próprio *GeoGebra Classic* desmembrado em vários aplicativos.

Quadro 1 - Suíte de aplicativos GeoGebra e suas funcionalidades¹⁸

¹⁷ <https://www.geogebra.org/m/ckwrg8he>

¹⁸ <https://www.geogebra.org/m/shfwqcpr>

apps / features	 Scientific	 Graphing	 Geometry	 3D	 CAS	 Suite	 Classic
Numeric calculations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Function operations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fraction operations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Graphing		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sliders		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vectors & matrices		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Table of values		✓			✓	✓	✓
Geometric constructions			✓	✓	✓	✓	✓
3D graphing				✓		✓	✓
Probability Calculator						✓*	✓
Derivatives & integrals				✓	✓	✓	✓
Equation solving				✓	✓	✓	✓
Symbolic calculations				✓	✓	✓	✓
Spreadsheet							✓

* coming soon for iOS and Android

Conforme o criador do *software* livre, existem vários países que estão substituindo as calculadoras pelos aplicativos do GeoGebra durante a aplicação de exames. Por exemplo, em Nova York estão utilizando a calculadora gráfica para os exames do ensino médio e na Alemanha estão usando a calculadora simbólica (CAS). Para tanto, o dispositivo dispõe do modo exame, o qual, ao ser selecionado, permite apenas que se utilize o GeoGebra e não se possa acessar a internet de nenhuma forma. Para se *logar* não precisa exatamente de uma conta GeoGebra, é possível com uma conta da *Microsoft*, *Google*, entre outras. Está sendo desenvolvida uma forma de integrar o GeoGebra ao *Microsoft Teams* e ao *Moodle*.

Durante a conferência, representando o Instituto GeoGebra de Andaluzia na Espanha enquanto convidado especial, o diretor Agustín C. A. Torres, em resposta aos participantes, comentou que o IGI decidiu há alguns anos não criar novos IGs para evitar o que acontece com vários Institutos pelo mundo, os quais embora cadastrados deixaram de criar atividades durante anos. Assim, os membros ou grupos de professores que desejam participar de algum IG deve criar seu próprio grupo ou polo (como acontece atualmente na Argentina) e se filiar a algum Instituto já existente.

No Brasil, os principais Institutos GeoGebra Locais (IG) são os Instituto GeoGebra de São Paulo, ligado à PUC-SP; o Instituto GeoGebra do Rio de Janeiro, ligado à Universidade Federal Fluminense; o Instituto GeoGebra de Minas Gerais,

ligado à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e, aparentemente em desenvolvimento, o Instituto GeoGebra de Goiás, ainda sem publicações disponibilizadas na sua página GeoGebra. É possível encontrar na página do *software* diversas informações, tutoriais, fóruns e manuais, além de *links* com as páginas dos IGs que compõem a Rede dos Institutos GeoGebra pelo mundo, atualmente, com 62 Institutos cadastrados¹⁹.

Dos modelos científicos aos modelos didáticos: uma transposição de mediação entre o conceitual e o figurativo

Conforme os renomados pesquisadores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018) já chamaram a atenção, a dinâmica da produção científica, em que o conhecimento científico tem papel de destaque, não deve ser vista como um produto acabado, descontextualizado, mas ao contrário deve ser entendida como fruto de um processo, sócio historicamente determinado, não neutro, que se desenvolve através de modelos e teorias que tentam explicar o funcionamento da realidade por trás dos fenômenos. Tais modelos e teorias são produtos da ciência, sempre em processo, os quais apesar de auxiliarem os cientistas no conhecimento da realidade, estão sempre sujeitos a transformações.

Mas, afinal, o que é um modelo? Qual a relação existente entre um modelo científico e um modelo didático? Essas são algumas perguntas de um cenário mais amplo e complexo que buscamos responder, em parte, em nossas pesquisas envolvendo modelos e transposição didática, de modo a realizarmos uma aproximação entre a ciência (SILVA; CATELLI, 2019) e o ensino de ciências (SILVA; CATELLI, 2020). Assim, estabelecemos alguns traços desse polissêmico e historicamente determinado, repleto de nuances sociais, culturais e científicas, que tem o conceito de modelo.

Entendemos que a noção de modelo científico enquanto um objeto socialmente construído é algo bastante recente. Antes de se tornar um conceito epistemológico, a palavra modelo esteve bastante ligada a uma medida arbitrária, utilizada pelos artesãos para descrever as dimensões de uma obra arquitetônica (SILVA; CATELLI, 2019, p. 2). Assim, inicialmente, antes de adentrar no debate

¹⁹ <https://www.geogebra.org/institutes>

científico, o conceito de modelo esteve ligado às artes, às técnicas, às arquiteturas. Um trabalho interessante sobre a noção de modelo na antiguidade, principalmente nas arquiteturas, pode ser encontrado em (ROZESTRATEN, 2003).

Recentemente apresentamos alguns aspectos sobre a noção de modelo na ciência, desde sua entrada na investigação epistemológica (1860) até chegar na sua concepção mais contemporânea (1980) (SILVA; CATELLI, 2019). Ocasão em que percebemos alguns traços da evolução histórica e epistemológica do conceito de modelo. Um objeto do saber científico que emprestará parte da sua estrutura e de sua linguagem para a construção do que depois mais tarde, através de um processo de transposição didática, será denominado: modelo didático, um objeto adaptado ao ensino de ciências.

Recordemos que o conceito de modelo adentra o debate científico apenas ao final do século XIX, quando estava ligado a uma noção de modelo mecânico e das analogias em física (1860), objeto que, por exemplo, era utilizado pelo físico austríaco Ludwig Edward Boltzmann (1844 – 1906) em seus experimentos (SILVA; CATELLI, 2019, p. 2). Noção que ele utilizava para relacionar, ao mesmo tempo, um objeto material, concreto, tangível e um objeto imaterial, mental, intangível. Ou melhor, os modelos mecânicos eram objetos em formato de maquetes de madeira, protótipos, que também eram associados a equações matemáticas e auxiliavam na construção das teorias em física. Noção de modelo utilizada por Boltzmann que esteve bastante ligada à analogia substancial, isto é, às relações de semelhança entre o pensamento humano e os objetos reais, físicos, concretos, os quais nós utilizamos para representá-lo, “[...], mas sem implicar numa completa semelhança entre coisa e pensamento; pois naturalmente não sabemos quase nada sobre a semelhança entre nossas ideias e as coisas às quais nós as ligamos.” (ARMATTE, 2005, p. 94). Assim, além de uma semelhança limitada, com algo que possui uma existência real, física, concreta, Boltzmann não ignorava que os modelos também eram resultados de representações mentais (GOLDFARB, 2019) possuindo também uma semelhança formal, lógico-matemática, ligada a representações de objetos mais abstratos.

Posteriormente, a partir de 1920, as analogias do tipo substancial deram lugar às analogias do tipo formal, surgindo assim a noção de modelo da abordagem semântica em lógica matemática (SILVA; CATELLI, 2019, p.3), momento em que a relação de semelhança entre os elementos modelados (coisas, fatos, fenômenos)

deixaram o aspecto material e passaram a buscar o aspecto conceitual, intangível, abstrato, esotérico²⁰. Uma noção de modelo que esteve intrinsecamente ligada à teoria geral dos conjuntos, à linguagem de primeira ordem da lógica matemática, uma linguagem logicizada e formalizada que permitia aos cientistas o conhecimento da realidade dos fenômenos. Esta noção de modelo contribuiu com o desenvolvimento de vários campos das matemáticas e das engenharias, perdurando até meados de 1970, quando perdeu espaço para o uso dos computadores nas simulações de sistemas complexos. Momento em que realidade deixa de ser analisada como um conjunto formal de elementos em interação e passa a ser analisada como um sistema, ou melhor, como um conjunto complexo de elementos em interação (LE MOIGNE, 1977).

Em seguida, a partir de 1950, com a pós-Segunda Guerra Mundial, surgem as noções de modelo matemático, objeto-modelo e modelo teórico (SILVA; CATELLI, 2019, p.4), representações que contribuíram para o desenvolvimento de inúmeras áreas do conhecimento não-físico (medicina, psicologia, sociologia, entre outras), diferentes áreas científicas as quais passaram a fazer uso quase que exclusivo da estatística (uma linguagem matemática) para elaborar as suas teorias. A partir de então, os modelos matemáticos passaram a ser amplamente utilizados pelas áreas científicas, tecnológicas e industriais, as quais buscavam transformar uma linguagem habitual de uma situação real em formato de linguagem matemática. O uso de modelos matemáticos, portanto, foi uma forma que os pesquisadores de outras áreas encontraram para obterem maior precisão e clareza sobre os seus objetos de estudo, conforme afirmou o filósofo da ciência Mario Bunge (BUNGE, 1974) que em sua epistemologia dos modelos recorre aos conceitos de objeto-modelo e modelo-teórico, para designar os instrumentos e ferramentas conceituais utilizadas pelos cientistas na compreensão e explicação da realidade. Um objeto que serve de modelo, ou melhor, um objeto-modelo, meio concreto, meio abstrato, que através de simplificações e idealizações, com auxílio da intuição e da razão, permite ao cientista testar teorias ou construir novas teorias para explicar a realidade. Entretanto, segundo o filósofo da ciência, de nada serve um objeto-modelo se a ele não estiver relacionada uma teoria específica ou modelo-teórico que lhe permita

²⁰Esotérico com “s”, conforme a terminologia do educador em Ciências, Attico Chassot (CHASSOT, 2006), para designar um conhecimento mais fechado, dominado apenas por um grupo seletivo e oposto a exotérico com “x”, um conhecimento mais aberto, desenvolvido para um grande grupo.

dizer algo sobre os fatos. Assim, com base em uma teoria específica, o objeto-modelo adquire uma estrutura conceitual capaz de estabelecer relações hipotéticas e dedutivas sobre a realidade e, assim, gerar conhecimento válido sobre ela. Entretanto, conforme o filósofo da ciência, em algumas áreas em desenvolvimento em que há uma carência de teoria completa para afirmar algo sobre os fatos, como no caso de algumas áreas das engenharias e da pesquisa operacional, os objetos-modelo e seus modelos-teóricos não mais se mantêm. Eles acabam cedendo espaço para o uso dos computadores nas simulações por *software*.

Assim, a partir de 1980, os objetos-modelo cedem espaço aos computadores nas simulações de sistemas complexos (SILVA; CATELLI, 2019, p. 6), quando passamos então a observar o incrível desempenho do *software* (modelo digital) nas simulações dos fenômenos, os quais agora passam a ter o seu comportamento imitado, reproduzido e antevisto, com maior velocidade e precisão. O modelo torna-se assim [...] “um sistema [de informação] de substituição ao sistema real, do qual não se tem teoria completa, e que permite fazer experiências fictícias, para compreender o jogo complexo das suas interações” (ARMATTE, 2005, p. 113). Assim, através do modelo digital é possível realizar múltiplos experimentos fictícios ou imitações, como, por exemplo, imitar o movimento diário do Sol para qualquer local da Terra, em qualquer dia do ano, um fenômeno que atualmente é mais elaboradamente pesquisado no Ensino Superior nos cursos de Arquiteturas e Engenharias (SILVA; CATELLI, 2021, p. 1). Uma temática que nos parece também possui vários desdobramentos práticos em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Além disso, uma temática que engloba um saber designado como saber a ensinar (CHEVALLARD, 2005) pela literatura oficial brasileira, a ser trabalhado na escola no Ensino Fundamental, com a indicação de distintas habilidades e competências a serem desenvolvidas entre os anos, desde os anos iniciais até os anos finais (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021).

Mas, afinal, o que é um modelo? Existe uma única definição para esse objeto? Incrivelmente, a resposta já foi dada, não existe! (SILVA; CATELLI, 2019, p. 7). Modelos? Desenhos, diagramas, ilustrações, maquetes, protótipos, ícones, símbolos, equações, software de computador, etc. entre outras formas de estruturas, concretas ou abstratas, analógicas ou digitais, constituem um rol de modelos ou objetos conceituais utilizados para auxiliar na representação e no conhecimento da realidade. Assim, de uma preocupação ontológica que buscava antes definir de

modo universal o que é um modelo, passamos para uma preocupação funcional, visto que alguns cientistas perceberam que o importante mesmo é a empregabilidade do modelo, ou melhor, o seu valor está naquilo que ele faz e para aquilo que ele serve, mais do que dizer o que ele é. O modelo passa a ser visto, de um lado, como um instrumento intermediário entre as teorias e a realidade, um objeto capaz de testar teorias, de confirmar ou falsear uma teoria, ou ainda, um objeto capaz de auxiliar na construção de novas teorias. De outro lado, o modelo não deve ser confundido como a realidade, mas como uma simplificada idealização hipotética dos fenômenos. Independente da estrutura que carregam, os modelos são sempre objetos limitados, os quais conseguem representar apenas alguns aspectos da realidade. Assim, para a ciência, o importante não é tanto a estrutura do modelo em si, o seu formato material ou imaterial, concreto ou abstrato, tangível ou inteligível, mas sim a sua capacidade teórica ou conceitual que lhe acompanha. É a sua capacidade teórica ou conceitual que lhe permitirá dizer algo de verdadeiro sobre a realidade. Assim, o uso de figuras, imagens, desenhos, maquetes, no ambiente escolar precisa ser sempre visto com certo cuidado, pois muitas vezes essas representações didáticas podem levar a manutenção do senso comum e a falsas correlações com a realidade. Pegamos, por exemplo, os desenhos desatualizados dos livros didáticos de ciências e geografia usados no Ensino de Astronomia, no ensino dos pontos cardeais, por exemplo, que por muito tempo induziram(em) a falsas crenças, entre os alunos e até mesmo entre os professores, de que o Sol nasce sempre no Leste e se põe no Oeste (LANGHI; NARDI, 2007).

Objetos-modelo didáticos no Ensino de Astronomia

Fundamentados na epistemologia Bungeana dos modelos (BUNGE, 1974), demonstramos que o valor de um objeto-modelo científico não reside tanto na sua qualidade pedagógica, estética, figurativa, psicológica, didática, mas sim na sua capacidade teórica ou conceitual (SILVA; CATELLI, 2020), visto que, segundo o filósofo da ciência, Mario Bunge, são os conceitos interligados ao objeto-modelo que permitem ao cientista conhecer algo sobre a realidade. Porém, amparados em alguns fundamentos da didática da ciência (ADÚRIZ-BRAVO; MORALES, 2002.; GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001) e na teoria da transposição didática (CHEVALLARD, 2005) percebemos que os objetos-modelo científicos (conceituais)

possuem uma linguagem predominantemente abstrata, seguidamente lógico-matemática, acadêmica, esotérica, a qual é ligeiramente problemática para ser empregada diretamente no Ensino de Ciências, no Ensino Fundamental. Logo, todo objeto-modelo científico, enquanto um objeto do saber científico, antes de ser submetido ao Ensino de Ciências, deve passar pelo processo da transposição didática para ser transformado em um objeto do saber a ensinar. Assim, inicia-se um processo de revisão, de adaptação, de reelaboração da estrutura e da linguagem do objeto-modelo científico que se transformará em seguida em um objeto-modelo didático, em um objeto com uma nova estrutura e com uma nova linguagem, mais intuitiva, concreta, figurada, psicológica, exotérica, uma linguagem mais próxima daquela utilizada pelos alunos escolares. Os objetos-modelos didáticos podem ser compreendidos ainda como re-representações ou “modelos de modelos” (ADÚRIZ-BRAVO; MORALES, 2002), que através do processo da transposição didática têm a finalidade de diminuir o nível de abstração dos modelos científicos, reduzir o número de variáveis existentes e através de analogias e de metáforas conectar o pensamento das crianças a situações mais cotidianas ou familiares. Portanto, o trabalho na transposição didática dos modelos científicos aos modelos didáticos é sempre um trabalho de reelaboração, de recontextualização, de tradução, de aproximação entre os saberes, entre os saberes da Ciência e do Ensino de Ciências, portanto, requerendo sempre uma mediação entre o conceitual e o figurativo, entre os conceitos, medidas e as representações mais familiares, mais próximas do cotidiano.

Do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD) ao modelo didático digital no GeoGebra

O caminho da elaboração e da construção do OMMCAD já foi trilhado (SILVA; CATELLI, 2020), nele trouxemos alguns aspectos de como ocorre esse trabalho de transposição didática *stricto sensu*²¹, de como ocorre a transformação de um objeto-modelo científico conceitual em um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático, ou melhor, um pouco desse processo que faz com que o saber da Ciência

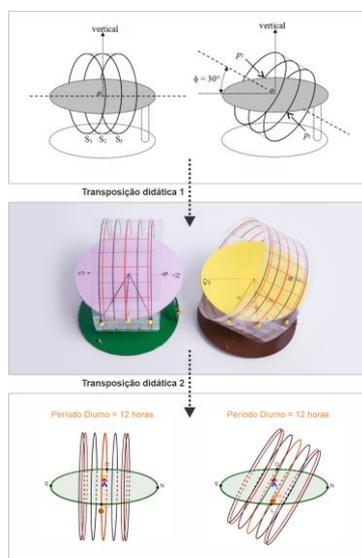
²¹“A transformação do conteúdo do saber preciso numa versão didática desse objeto do saber pode se denominar mais apropriadamente de ‘transposição didática *stricto sensu*’ (CHEVALLARD, 2005, p.46, tradução nossa).

(Astronomia) seja adaptado ao Ensino de Ciências (Ensino de Astronomia) (SILVA; CATELLI, 2020, p. e20190248-8-13). Agora, em um novo processo interno de produção do saber a ensinar, utilizando uma visão mais contemporânea do conceito de modelo, trabalhamos na transposição do OMMCAD para o formato de um modelo didático digital. Além disso, sugerimos algumas atividades para o Ensino de Astronomia que poderão ser desenvolvidas na escola, a partir do 5.º ano do Ensino Fundamental, conforme sugerido pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018).

Os dados utilizados na construção inicial do modelo didático digital foram praticamente os mesmos dados da primeira versão analógica do modelo (SILVA; CATELLI; GIOVANNINI, 2010), naquela época contendo um caráter mais prático, com todas as medidas necessárias para sua confecção, elaboração e utilização, porém, ainda carente de uma reflexão epistemológica mais elaborada sobre o conceito de modelo, o que somente veio depois de um tempo de amadurecimento na pesquisa em Educação, com seus resultados recentemente publicados (SILVA; CATELLI, 2020). Porém, não iremos abordar aqui todos os passos desse processo de transposição didática, da transposição do modelo analógico para o modelo digital, do OMMCAD ao modelo no GeoGebra, vamos ilustrar apenas alguns passos, de modo a em seguida trazermos algumas propostas de atividades escolares em torno da temática do movimento diário do Sol com base nos 4Rs, conforme combinamos anteriormente.

Assim, parte desse processo pode ser compreendido através de uma sucessão de modelos, de uma sucessão de adaptações e de mediações de estruturas e de linguagens utilizadas para representar alguns conceitos astronômicos mais abstratos em um formato de representações mais intuitivas e figurativas. Do protótipo do modelo em 2D (desenhado no papel) para o modelo concreto em 3D (OMMCAD) e, depois, para o modelo didático digital no GeoGebra em 2D (na tela do computador ou dispositivo móvel), assim, fomos do analógico ao digital (figura 1). Ambos os modelos apresentam uma visão topocêntrica do movimento diário do Sol, a partir do qual uma pessoa na superfície da Terra (no plano do horizonte) observa o caminho do Sol no céu (na esfera celeste). Além disso, ambos os modelos podem ser manejados pelos alunos e professores, os quais podem a partir deles fazer inúmeras previsões sobre a realidade.

Figura 1 - Exemplificação de parte do processo que culminou no surgimento do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (transposição didática 1) e, depois, no modelo didático digital no GeoGebra (transposição didática 2). Do lado esquerdo da figura, os modelos aparecem regulados para a linha do equador (latitude $\Phi = 0^\circ$) e, do lado direito, para Porto Alegre (latitude $\Phi = 30^\circ$). Em ambas as transposições, consideramos a duração do dia nos equinócios. Representação ilustrativa e fora de escala.



Fonte: Adaptado de Silva, Catelli e Giovannini (2010); Silva, Catelli (2020); Silva *et al.*, (2022)

A construção do modelo didático digital no GeoGebra partiu da observação da estrutura e dos elementos conceituais do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). Optamos por usar unicamente elementos geométricos, tais como retas, planos, cilindro e esfera; neste trabalho, a órbita da Terra em volta do Sol será tomada como perfeitamente circular, o que leva a uma velocidade orbital da Terra em torno do Sol constante. Desta forma, o plano do horizonte foi representado pela intersecção do plano $y = 0$ com uma esfera de raio igual a 6,2 cm; criamos uma reta r para o pólo elevado que forma com o plano do horizonte um ângulo igual à latitude local (positiva para o Hemisfério Norte e negativa para o Hemisfério Sul); as trajetórias solares nas diferentes épocas do ano são representadas pelas curvas c , as quais foram construídas na intersecção de planos ortogonais à reta r , com um cilindro de raio igual a 6,2 cm centrado na reta r . Por fim, para calcular a duração do dia criamos um arco de circunferência correspondente a parte da curva c que fica acima do plano do horizonte, limitada à faixa das trajetórias solares. Resumidamente, este foi o processo que seguimos. Porém, é possível acompanhar todo o passo-a-passo da construção do modelo digital analisando o seu protocolo de construção (disponível no mesmo link do modelo). Inclusive, é possível a partir desse protocolo, *remixar* com outro modelo,

criando algo novo. Se pesquisarmos por recursos didáticos no *site* do GeoGebra utilizando as palavras-chave “Sol” ou “Sun”, no botão de pesquisa, encontraremos alguns outros modelos que também descrevem o movimento do Sol, mas não como nesta proposta. Parece-nos que mesmo sendo recursos educacionais abertos em potencial para o ensino-aprendizagem de Astronomia, são ainda carentes de atividades autoexplicativas e intuitivas, as quais com alguns raciocínios e manipulações (aperto de botões) permitem aos usuários progredirem nas suas interações com os objetos, testando conhecimentos anteriores e construindo novos conhecimentos; atividades que ainda oferecem um *feedback* ao usuário sobre o seu retrocesso (erro) ou seu avanço (acerto), ao responder o quiz “inicial” do conhecimento, inicial, pois poderá evoluir com o tempo.

Dados do teste do modelo didático digital no GeoGebra e sua “aproximação” com a “realidade”

Os dados para a medida do período diurno (tabela 1) gerados pelo modelo didático digital no GeoGebra são dados bastante aproximados da realidade, porém, ligeiramente distintos daqueles dados mais precisos, gerados pelo modelo da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Assim, os dados do *software* GeoGebra estão fundamentados em horas solares ($1h \equiv 15^\circ$) e no dia solar ($24 \text{ horas solares} \equiv 360^\circ$), portanto, são dados baseados em um tempo solar (médio), um tempo que toma como referência o Sol e está relacionado à rotação da Terra ao redor do seu eixo em 24 horas, considerando uma órbita circular “uniforme” ao redor do Sol (dados indicados nos gráficos solares). (BITTENCOURT, 2004, p. 81). Enquanto os dados do *software* da NOAA são dados bem mais precisos, são dados com base no tempo solar (verdadeiro), que possui uma variação anual máxima inferior a 16 minutos em relação ao tempo solar médio; um tempo verdadeiro, mais preciso, que para medi-lo considera-se, especialmente, a excentricidade da órbita terrestre e a inclinação do seu eixo de rotação no plano Sol-Terra; é um tempo que considera inúmeras variáveis, entre elas: o tempo legal, civil, oficial: o tempo medido pelos nossos relógios, definido para cada país com base em

um tempo universal; medido levando sempre em consideração um fuso horário local; uma correção de longitude e; uma equação do tempo. (BITTENCOURT, 2004, p.82). Mas este é um assunto que estamos desenvolvendo em outro artigo. Por enquanto é importante percebermos o modelo didático digital no GeoGebra como uma representação simplificada e aproximada da realidade, um modelo de compreensão que nos auxilia a entender o funcionamento de alguns fenômenos naturais; um modelo também cheio de limitações, assim como todo e qualquer modelo didático. Ele não é um modelo de precisão, como é o modelo do NOAA, não devendo, portanto, ser confundido com um modelo científico que considera inúmeras outras variáveis para medir o tempo. Mesmo assim consideramos o modelo didático digital no GeoGebra como um simplificado simulador e tradutor de fenômenos naturais, oportunizando aos seus usuários descobrirem medidas muito aproximadas da realidade, em torno da temática do movimento diário do Sol, a partir de uma visão topocêntrica. Ressaltamos, por fim, que o grande valor para os usuários é de cunho didático, quer dizer, pode-se aprender muito sobre a temática do movimento diário o Sol tal como percebido aqui da Terra. E, adicionalmente, as medidas que podem ser efetuadas a partir dele, apesar das limitações já mencionadas, são ainda assim muito aproximadas, como pode ser percebido através da tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo entre as medidas para a duração do dia considerando distintas localidades da Terra (Hemisférios Norte e Sul), em distintas épocas do ano (equinócios e solstícios) segundo os dados gerados pelo modelo científico da NOAA <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/> e os dados gerados pelo modelo didático digital no GeoGebra. Tente fazer o mesmo para a sua cidade: compare as medidas para a duração do dia (período diurno) fornecidas pelo modelo de precisão (NOAA) e pelo modelo de aproximação (GeoGebra). O que é possível concluir a partir de seus resultados?

Nova York / E.U.A					
Latitude: 40° 39' 51" Norte = 40,6643°; Longitude: 73° 56' 19" Oeste = -73,9385°.					
Data	Período Diurno Modelo do NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	09:16	9,27	09:10	9,18	0,98%
21 de março	12:12	12,20	12:00	12,00	1,67%
21 de junho	15:05	15,08	14:49	14,82	1,75%
Porto Alegre / RS / Brasil					

Latitude: 30° 1' 40" Sul = -30,0277°; Longitude: 51° 13' 43" Oeste = -51,2287°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	14:05	14,08	13:52	13,87	1,51%
21 de março	12:05	12,08	12:00	12,00	0,67%
21 de junho	10:13	10,22	10:08	10,13	0,89%
Natal / RN / Brasil					
Latitude: 5° 47' 40" Sul = -5,79448°; Longitude: 35° 12' 40" Oeste = -35,211°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	12:28	12,47	12:19	12,32	1,22%
21 de março	12:06	12,01	12:00	12,00	0,08%
21 de junho	11:47	11,78	11:40	11,68	0,86%
Anchorage / Alasca / E.U.A					
Latitude: 61° 10' 39" Norte = 61,1775°; Longitude: 149° 16' 26" Oeste = -149,274°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	5:27	5,45	5:21	5,35	1,87%
21 de março	12:22	12,37	12:00	12,00	3,08%
21 de junho	19:22	19,37	18:39	18,65	3,86%
* Cálculo do erro percentual: $Erro\% = \left(\frac{ValorEsperado - ValorEncontrado}{ValorEncontrado} \right) \times 100$					

Fonte: elaborado pelos autores

Atividades escolares com o modelo didático digital no GeoGebra

As atividades na plataforma GeoGebra, com o uso do modelo didático digital, foram desenvolvidas considerando as habilidades elencadas pela BNCC (BRASIL,

2018) e, abordam questões envolvendo a temática do: a) movimento diário do Sol; b) do tempo aproximado da duração do “dia claro”, para qualquer localidade da Terra e, c) das distintas direções do nascimento e ocaso (pôr) solar ao longo do ano; trata-se, entretanto, de um pequeno recorte de um estudo mais amplo, o qual estamos desenvolvendo agora ao nível *lato sensu* da teoria da transposição didática, em uma pesquisa de doutoramento, que culminará em um curso de formação continuada com professores do Ensino de Ciências da Natureza e Geografia, do Fundamental.

As atividades foram desenvolvidas de maneira a serem autoexplicativas e interativas, ou seja, de fácil utilização pelos usuários que, ao abrirem o link da página do modelo: <https://www.geogebra.org/m/xbaycp3z> imediatamente terão acesso a algumas instruções iniciais (figura 2) de como usar o modelo (figura 3) com algumas informações sobre seu funcionamento, sobre o uso dos seus botões de comando, além de um quiz inicial (figura 4) contendo 10 perguntas para os usuários testarem e construírem seus conhecimentos.

Figura 2 - Instruções iniciais de utilização

Modelo Didático Digital para o Ensino do Movimento Diário do Sol

Autor: Fernando Siqueira da Silva, Pedro Antonio Ourique

O modelo simula o movimento diário do Sol e prevê a duração do período diurno (dia claro) para qualquer localidade da Terra, em qualquer época do ano, de modo bastante aproximado da “Realidade”.

Como utilizar o modelo?

Latitude No campo de entrada “Latitude” digite a latitude do local desejado e aperte o enter:

Para regiões do Hemisfério Sul (HS) digite o valor numérico “em graus decimais” correspondente à latitude do local, precedida do sinal de menos e use o símbolo “°” indicativo de graus. Ex: -30.03° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Porto Alegre/Brasil/RS.

Para regiões do Hemisfério Norte (HN) faça o mesmo, porém nesse caso apenas digite o valor numérico, sem usar o sinal. Ex: 48.85° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Paris/França.

Iniciar/Pausar O botão serve para iniciar e pausar a simulação.

Solstício de Dezembro O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de dezembro (Entrada do Inverno no HN e do Verão no HS).

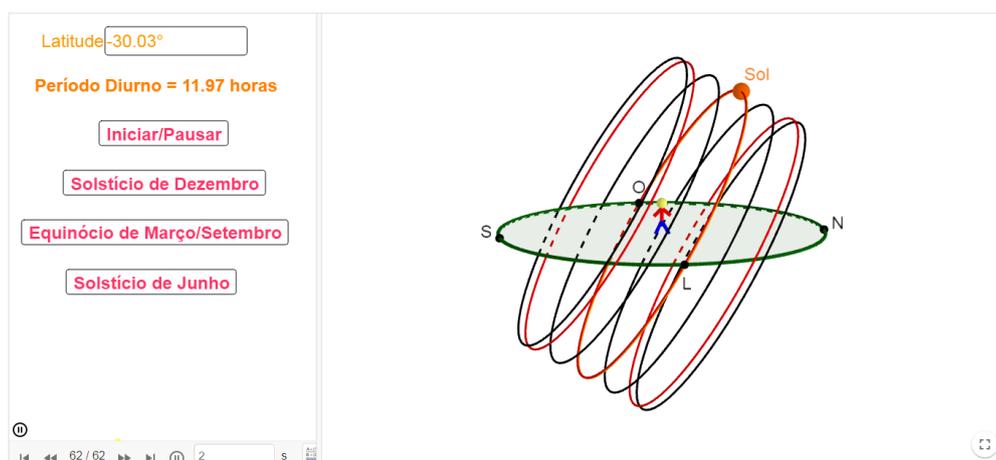
Equinócio de Março/Setembro O botão posiciona o Sol nos Equinócios de março e de setembro.

Solstício de Junho O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de Junho (Entrada do Verão no HN e do Inverno no HS).

Após aprender a utilizar o modelo não deixe de responder o nosso “quiz do conhecimento”!

Fonte: *Software Geogebra*

Figura 3 - Após a leitura das instruções iniciais o usuário terá acesso ao modelo didático digital. Sugerimos que, inicialmente, o usuário entre com um dado numérico relativo à latitude do local, da sua cidade (um valor aproximado) e assim faça as primeiras manipulações e previsões a respeito da realidade em torno do movimento diário do Sol. A critério de exemplificação, utilizamos aqui a latitude de Porto Alegre/Brasil/RS = - 30,03° (S); depois utilize a latitude de diferentes lugares do planeta, conforme o desejado. É possível interagir com o modelo e modificar o seu ângulo de visualização na tela, basta para isso, segurar o cursor sobre ele e girá-lo levemente, em qualquer direção. Com a barra de rolagem, é possível, ainda, aumentar ou diminuir o seu tamanho (*zoom*).



Fonte: Software Geogebra

Figura 4: ilustração de algumas questões do “Quiz do Conhecimento” com a opção de usar o modelo didático digital para gerar as respostas às alternativas. Inicialmente, essas são algumas das 10 questões iniciais as quais poderão ser respondidas, reutilizadas, revisadas, remixadas e redistribuídas pelos seus usuários.

1 - A respeito do nascimento do Sol anual é possível afirmar que:

- a) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Norte;
- b) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Sul;
- c) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Leste;
- d) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Oeste;
- e) Nenhuma das alternativas.

Resposta

Conferir

3 - A duração do período diurno em nosso planeta é sempre:

- a) Maior no Inverno;
- b) Menor na Primavera;
- c) Maior no Verão;
- d) Menor no Outono;
- e) Menor no Verão.

Resposta

Conferir

5 - A duração do período diurno em Uruguiana (Latitude: -29.75°) na entrada do Inverno é de aproximadamente:

- a) 10h;
- b) 11h e 30min;
- c) 12h;
- d) 12h e 30min;
- e) 13h.

Resposta

Conferir

Fonte: Software Geogebra

As atividades que compõem o “Quiz do Conhecimento” são apenas alguns exemplos iniciais de um rol de questões que poderão ser respondidas pelos usuários a partir do uso do modelo didático digital, modelo que poderá ter ainda novas versões conforme forem exploradas as suas distintas ações e liberdades de utilização, segundo sintetizada na Declaração REA de Paris através dos 4Rs (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 5), vejamos:

- 1) “REUTILIZAR: liberdade de utilizar o material em sua forma original ou modificada”

O usuário poderá usar e reutilizar o modelo didático digital para fazer previsões sobre o período diurno para qualquer localidade do planeta, para ambos os hemisférios (Sul e Norte). Também poderá medir o período diurno para Porto Alegre/RS/BR/ -30.03° (HS) e em outro instante medir o período diurno para Salekhard/ Distrito Autônomo de Yamalo-Nenets/RUS/ $66,5^{\circ}$ (HN). Basta, para isso, digitar no botão “Latitude” o numeral correspondente, em graus decimais, e clicar no *enter*. Lembrando que qualquer usuário terá acesso ao modelo através de um link de internet, podendo ser acessado pelo computador ou através de dispositivos móveis.

- 2) “REVISAR: liberdade de adaptar, ajustar, modificar, atualizar, traduzir ou alterar”;

O usuário poderá ajustar o modelo para qualquer uma das estações do ano (Verão, Inverno, Outono, Primavera) e encontrar a medida aproximada do período diurno correspondente. Também poderá interagir com o modelo de modo a modificar a sua posição de visualização na tela. Além disso, poderá traduzir o modelo e suas atividades para outras línguas (espanhol, inglês, japonês...), pois o GeoGebra permite a tradução para mais de 50 línguas.

- 3) “REMIXAR: liberdade de combinar o material original ou revisado com outro para criar algo (novo);”

O usuário poderá criar novas versões do modelo com base na primeira versão. Por exemplo, estamos trabalhando em outro modelo didático digital, agora envolvendo a temática das cartas solares, de modo a melhor explicar a projeção plana do movimento solar. Então, estamos combinando o protocolo de construção dessa versão do modelo, com o protocolo de construção do modelo das cartas solares.

- 4) “REDISTRIBUIR: liberdade de compartilhar cópias do conteúdo original, das revisões ou do ‘remix’.”

O modelo e as inúmeras versões que podem a partir dele emanar são versões livres, públicas, gratuitas, as quais podem ser redistribuídas entre os usuários conforme as finalidades que se tem. Podem ser reutilizadas para o Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental, como em nosso caso, como podem também ser reutilizadas, revisadas, remixadas, redistribuídas para o Ensino de Arquitetura, de Engenharias, de Meio Ambiente, entre outras possibilidades.

Considerações Finais

A partir da adoção do ensino híbrido na educação escolar, no mundo todo, em ocasião da pandemia da COVID-19, percebemos que os nossos espaços e métodos de ensino-aprendizagem tiveram que ser rapidamente repensados, redefinidos, remodelados, pois, inevitavelmente, foi necessário integrar às pressas o ensino presencial e o ensino *online* (síncrono e assíncrono). Assim, sem muito tempo para planejamento, imediatamente percebemos o início de uma corrida entre os educadores em busca de recursos didáticos digitais que pudessem auxiliar na manutenção das atividades escolares. Nela também entraram alguns pesquisadores que, visando contribuir com as práticas dos professores, perceberam mais ainda a necessidade de desenvolverem, divulgarem e promoverem o uso de outros materiais didáticos mais contemporâneos. Esta corrida, suscitou a participação de todos os tipos de usuários, imigrantes e nativos digitais, os quais tiveram que enfrentar, muito rapidamente, um dos principais desafios do Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: a incorporação de outros materiais didáticos, materiais paradidáticos e materiais digitais nas práticas escolares, de modo a enriquecer a formação cultural dos alunos em ciências e tecnologias (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018).

Conforme comentamos, a partir do debate em um seminário de pesquisa sobre o uso das TDIC no Ensino de Ciências, com um grupo de pós-graduandos em Educação em Ciências (mestrandos e doutorandos), surgiu uma percepção comum entre eles sobre a existência de alguns receios dos usuários, professores, os quais tendem a evitar o uso das TDIC no ambiente escolar devido há alguns fatores limitantes, os quais de alguma forma estão relacionados às necessidades tecnológicas dos usuários; às insuficientes habilidades e competências com a

linguagem digital, com o desenvolvimento do saber digital; à falta de formação; à falta de infraestrutura tecnológica das escolas; à desigualdade sociodigital e; à resistência ao digital. Esses foram alguns dos problemas apontados que precisam ser enfrentados e superados se quisermos estreitar a distância que há entre a Ciência e o Ensino de Ciências escolar. Assim, é preciso que cada um faça sua parte, é preciso que tanto os usuários alunos, professores, educadores, pesquisadores, assumam a sua parcela de responsabilidade na construção do seu próprio saber digital, desenvolvendo habilidades e competências com a cultura digital, tanto quanto dos nossos representantes, governantes, que urgentemente devem primar por melhorias na educação pública escolar, trabalhando para o desenvolvimento e fortalecimento de políticas públicas educacionais de formação de professores e de garantia de acesso escolar às mais variadas tecnologias digitais de comunicação e informação.

Neste artigo a nossa intenção foi propor o uso de um novo recurso educacional aberto (REA) no Ensino de Astronomia, ou melhor, o uso de um modelo didático digital para o ensino-aprendizagem-pesquisa do, a) movimento diário do Sol, b) da duração aproximada do período diurno para qualquer lugar do planeta e, c) das diferentes direções do nascimento/pôr do sol ao longo do ano; modelo que poderá ser testado pelos professores a partir do 5.º ano do Fundamental; modelo elaborado no GeoGebra: um *software* didático aberto de matemática dinâmica explorado no mundo todo. Além disso, resgatar a importância do conceito de REA, entendido como qualquer recurso educacional aberto com a finalidade de potencializar os processos de ensino-aprendizagem-pesquisa; recursos imateriais no formato de *software* público, gratuito, de código aberto, com a possibilidade de ser reutilizado, revisado, remixado e redistribuído por qualquer pessoa por meio do acesso a um link de internet.

Assim, ancorados em um importante estudo recente (ZANGALI; MENDES, 2020), chamamos a atenção para um dos principais problemas enfrentados pelos professores brasileiros no uso de REAs, no ambiente escolar: a excessiva carga horária de trabalho, o grande número de turmas e a ausência de tempo livre para o desenvolvimento de pesquisas; esses são apenas alguns dos fatores apontados pelo estudo, os quais acabam condicionando o trabalho desses profissionais, levando-os a optarem pela busca de atividades já desenvolvidas e prontas para uso e impressão. Nesse sentido, de modo a contribuir com a superação de uma lacuna

no uso de REAs, entre os professores brasileiros do Fundamental, foi que desenvolvemos algumas atividades escolares com base no modelo didático digital no GeoGebra, a partir da indicação inicial de um “Quiz do conhecimento”, com a possibilidade de os usuários apoiarem-se no modelo para fazer simulações, previsões e a construírem seus próprios conhecimentos sobre a realidade. Diga-se de passagem, são atividades bem iniciais que com o tempo poderão evoluir, pois, conforme demonstramos anteriormente, elas estão fundamentadas nos 4Rs.

Em seguida aproveitamos para falar sobre o que é o GeoGebra, falar um pouco da sua história e principalmente sobre as suas possibilidades educacionais enquanto REA, um recurso sob licença (GNU), um software livre, que permite aos seus usuários a liberdade de compartilhamento e alteração em todas as suas versões, de forma gratuita. E melhor ainda, fundamentamos a nossa argumentação com base em alguns artigos deste que pode ser considerado mais um colonizador digital, o informata e matemático austríaco, Markus Hohenwarter, que apesar de ter nascido antes de 1980, acabou idealizando e desenvolvendo esse importante recurso educacional aberto. Procuramos ainda, recuperar alguns traços da origem e da evolução do GeoGebra, que alcançou dimensões globais, sendo atualmente utilizado no mundo todo, com traduções para mais de 50 línguas, em 190 países, com cerca de 4 Institutos só aqui no Brasil, com inúmeras atividades de apoio à comunidade de usuários, principalmente dos professores de matemática.

Depois mais, fizemos um resgate da noção de modelo na ciência para fundamentar a noção de modelo no Ensino de Astronomia que temos utilizado, fundamentado na epistemologia Bungeana dos modelos e na didática das ciências de modo a ilustrar um pouco desse processo de transposição didática *stricto sensu* que faz com que um objeto do saber científico seja transformado em um objeto de ensino, ou melhor, para exemplificar o processo pelo qual um modelo científico passa antes de ser rerepresentado no formato de um modelo didático. Processo esse que exige sempre uma mediação entre o conceitual e o figurativo, entre o lógico e o psicológico. Assim, aproveitamos também para ilustrar alguns aspectos desse processo de transposição didática pelo qual o objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD) passou antes de ser transformado no modelo didático digital, surgindo assim, uma versão mais contemporânea do conceito de modelo.

Acreditamos que ambos os modelos (o analógico e o digital) poderão ser utilizados pelos professores em suas atividades, pois, ambos são modelos

complementares, um modelo não exclui o outro. A proposta de ensino-aprendizagem-pesquisa poderia ser realizada através do uso de alguma metodologia ativa, considerando o aluno como o principal responsável pela construção do seu conhecimento e, o professor, exercendo o seu papel de mediador ou facilitador das aprendizagens dos alunos. Uma, dentre tantas as possibilidades, por exemplo, é a promoção da aprendizagem colaborativa, através de uma sala de aula invertida. Assim, em um primeiro momento o professor poderá enviar para os seus alunos o link do modelo didático digital no GeoGebra para o estudo em casa e, posteriormente, em sala de aula, retomar o assunto com eles e propor também a modelização do OMMCAD, utilizando agora outro modelo, um modelo analógico concreto, que poderá ser comparado ao funcionamento do modelo didático digital nas simulações e previsões sobre a realidade. Será interessante notar que ambos os modelos fornecem dados muito aproximados da realidade. Assim, acreditamos que dessa maneira, o professor estará enriquecendo a formação cultural dos seus alunos, visto que estará promovendo um trabalho colaborativo e permitindo o uso de diferentes tecnologias (analógica e digital) no Ensino de Astronomia.

Contudo, precisamos melhor justificar a aplicação dos modelos (analógico e digital) com alunos a partir do 5.º ano do Fundamental. Perguntará o leitor, por que não antes? Pois, conforme nossa análise anterior da BNCC (BRASIL, 2018) (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021), observamos que, nos anos mais iniciais, desde o 2.º até o 4.º ano, os alunos já experienciaram diversas atividades de observação do céu, diurnas e noturnas; observaram o movimento diário do Sol e a movimentação da sombra solar nos objetos; descobriram também como definir os 4 pontos cardeais a partir de uma estaca vertical fincada ao solo e, também, com o auxílio de uma bússola. Ou seja, nos anos mais iniciais as crianças já experimentaram diversas atividades, passaram por diferentes ambientes educacionais, principalmente pelos ambientes não-formais e informais de aprendizagem. Tiveram assim, experiências “antigas” que lhes permitem agora, a partir do 5.º ano, avançar para outras experiências “novas” (CHEVALLARD, 2005), progressivamente mais conceituais, que passarão a ser trabalhadas em ambientes formais de aprendizagem a partir da modelização, isto é, a partir da utilização, elaboração e confecção de modelos didáticos para representação e conhecimento da realidade, sempre de modo aproximado.

Referências

YOUTUBE. **IX Día GeoGebra Iberoamericano, IV Día GeoGebra Argentina.** Viernes/Mañana. Instituto GeoGebra La Plata, 11 de Jun. 2021. 2h23min50s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NhaFna3cYbc>. Acesso em: 11 de Jun. de 2021.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n.76, 2002.

ARMATTE, M. **Mathématiques et Sciences Humaines**, v. 43, n. 91, 2005.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares:** diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió, Edufal, 2004.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade.** São Paulo: Perspectiva, 1974.

CHASSOT, A. I. A ciência como instrumento de leitura para explicar as transformações da natureza. **Cadernos IHU Idéias**, São Leopoldo, RS, Unisinos, 2006. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/images/stories/cadernos/ideias/084cadernosihuideias.pdf> Acesso em: 06 Ago. de 2021.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica:** Del Saber Sábido Al Saber Enseñado. 3. ed. Buenos Aires: Aique grupo Editor, 2005.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências:** fundamentos e métodos. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2018.

DUTRA, C. M.; VERNIER, A. M. Uso Tecnologia Móvel para o estudo do Movimento Aparente do Sol. **Ensino & Pesquisa**, [S.l.], jan. 2019. ISSN 2359-4381. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2345/1755>. Acesso em: 1 set. 2021.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **Enseñanza de las ciências**, v. 19, n. 231, 2001.

GOLDFARB, D. P. **Imagens de natureza, imagens de ciência e Bildtheorien:** o papel da noção de modelo em Boltzmann. 2019. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. <https://doi.org/10.11606/D.8.2019.tde-25062019-122829>. Acesso em: 6 ago. de 2021.

HOGBEN, L. **Maravilhas da Matemática:** influência e função da matemática nos conhecimentos humanos. Porto Alegre: Globo, 1970.

HOHENWARTER, M. e PREINER, J. Dynamic Mathematics with GeoGebra. **The Journal of Online Mathematics and Its Applications**, v. 7, mar. 2007. Article ID

1448. Disponível em: <https://www.maa.org/press/periodicals/loci/joma/dynamic-mathematics-with-geogebra> Acesso em: 15 ago. de 2021.

HOHENWARTER, M. y Lavicza, Z. **GeoGebra, its community and future. Conferência Asiática de Tecnologias em Matemáticas.** 2010. Disponível em: http://unsam.edu.ar/escuelas/humanidades/centros/c_didacticas/Hohenwarter-Lavicza-GeoGebra-ATCM-Final.pdf. Acesso em: 16 ago. de 2021.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância.** 9. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012.

LANGHI, R. e NARDI, R. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 87, 2007.

LE MOIGNE, J. L. **A Teoria do sistema geral: teoria da modelização**, Lisboa: Instituto Piaget, Lisboa, 1977.

MALLMANN, E. M. *et al.* **Indagatio Didactica**, v. 11, n. 121, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34624/id.v11i4.10587> Acesso em: 25 de ago. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf

MONTEIRO, F. F. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200315. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0315>. Acesso em: 4 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Declaração REA de Paris.** Paris, 2012. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese_Declaration.html. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais.** Porto Alegre: Artmed, 2011.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, Bradford, v. 9, n. 5, p. 2-6, out. 2001.

PRENSKY, M. **From Digital Natives to Digital Wisdom: Hopeful Essays for 21st Century Learning.** Thousand Oaks, CA: Corwin Press; 2012.

ROZESTRATEN, A. S. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na Antiguidade: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: s.n., 2003. 283p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-09062009-145825/pt-br.php> Acesso em: 18 de ago. de 2021.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 41, p. e20190029, 2019.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; GIOVANNINI, O. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 27, n. 7, 2010.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; DUTRA, C. M. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200520, 2021.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190248, 2020.

SILVA, V. **Sociedade Digital: O Poder da Multidão Participativa**. Dissertação de mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã (2013). Disponível em: https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1584/1/Tese_Mestrado_Vanessa_Silva.pdf. Acesso em: 5 de ago. de 2021.

TORI, R. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. São Paulo: Senac São Paulo, 2010.

VERASZTO, E. V. *et al.* Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. Prisma.com, n.07, p. 60-84, 2008. Disponível em: <https://ojs.letras.up.pt/index.php/prisma.com/article/view/2065> Acesso em: 5 de ago. de 2021.

ZANGALI, I.; MENDES, A. A. P. Recursos Educacionais Abertos no Ensino Fundamental Anos Iniciais: um Estudo entre Professores do Brasil e Estados Unidos da América. **EaD em Foco**, v. 10, n. 2, e958, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i2.958> Acesso em: 5 de ago. de 2021.

APÊNDICE E - O papel social do professor e os desafios da sua formação na educação em ciências

06/08/2024, 10:47

E-mail de Universidade Federal do Pampa - AVALIAÇÃO DE ARTIGO REVISTA ARETÉ



Fernando Siqueira da Silva <fernandosiqueira.aluno@unipampa.edu.br>

AVALIAÇÃO DE ARTIGO REVISTA ARETÉ

Revista Areté <revistaareteuea@gmail.com>

2 de maio de 2024 às 11:11

Para: fernandosiqueira.aluno@unipampa.edu.br, ronnanfranco.aluno@unipampa.edu.br, jaquelinecopetti@unipampa.edu.br

Prezados Fernando Siqueira da Silva, Ronan Moura Franco e Jaqueline Copetti,

Comunicamos que o trabalho intitulado: **O PAPEL DO PROFESSOR E OS DESAFIOS DA FORMAÇÃO**, foi aceito para ser publicado na Revista Areté. Caso tenham interesse, pedimos que proceda aos ajustes conforme as indicações do parecer:

- 1) O artigo consiste em um ensaio bem argumentado, cujo objetivo é "refletir à sociedade sobre a função social do professor; função que evidentemente não consegue ser exercida pela maioria dos pais, mães ou responsáveis pelos estudantes, devido, em especial, às especificidades da profissão", expresso tanto no resumo como na introdução do artigo, assim como nas entrelinhas do desenvolvimento do texto. Recomenda-se que adeque melhor tal objetivo com vistas aos resultados apresentados, mantendo-se a essência e articulando-o a uma questão de pesquisa que tenha motivado a presente investigação, bem como deixar claro a articulação com a área de Educação em Ciências (ausente no texto);
- 2) Quanto ao título que deverá ser claro e aderência com a área de Educação em Ciências ou Ensino: recomenda um ajuste para melhor compreensão do leitor, uma vez que pode abrir margem para interpretações não condizentes com a proposta. O título deve ser considerado uma espécie de "cartão-postal" para atrair interessados na área; revisar o título
- 3) O resumo possui estrutura de trabalho acadêmico de pesquisa e sua versão em inglês merece uma revisão da língua para melhor atender a gramática. Atentar para as palavras-chaves, conforme as diretrizes da revista;
- 4) O texto possui um bom embasamento teórico e conceitual frente ao objetivo proposto inicialmente constante no resumo, o que não requer um maior ajuste no diálogo com a literatura da área;
- 5) Os procedimentos metodológicos e de discussão frente ao objetivo de estudo/pesquisa estão bem ajustados. A quantidade, qualidade e adequação de informações sobre os procedimentos metodológicos são suficientes;
- 6) Os resultados estão adequadamente apresentados, frente ao campo, fontes e discussão do estudo/pesquisa;
- 7) É possível definir bem onde estão as considerações finais, de modo a estarem compatíveis com os procedimentos acadêmico-textuais, porém recomenda-se que o(s) autor(es) retome(m) o objetivo, discutindo-o, em caso de atendimento total, parcial ou não. O posicionamento do pesquisador é essencial neste ponto, inclusive trazendo recomendações para ampliação e trabalhos similares;
- 8) A temática do artigo é pertinente, com debate e consistência nos argumentos. O manuscrito enquadra-se na área de pesquisa e estudos em educação em ciências e traz resultados originais para a discussão aos pesquisadores interessados nesta linha de trabalhos da revista;
- 9) O texto está redigido e organizado adequadamente que, por sua vez, apresenta uma leitura fluida entre os tópicos e as citações, porém recomendando uma revisão ortográfica e gramatical, dando ênfase às questões de coesão, estrutura e registro linguístico.
- 10) O texto precisa ser corrigido em alguns pontos, esclarecer na metodologia e no resumo que se trata de um texto teórico-metodológico ensaístico. Precisa rever a escrita do objetivo, está confuso. Correções e sugestões foram acrescidas no arquivo.

Solicitamos que o envio seja feito para este e-mail, aproveitando a oportunidade, solicitamos que o artigo seja enviado com **revisão textual e juntamente a declaração do revisor**.

Retorno: até o dia 12 de maio de 2024.

<https://mail.google.com/mail/u/2/?ik=b914063ad1&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f:1797950372221715014&simpl=msg-f:1797950372221715014>

1/2

O PAPEL SOCIAL DO PROFESSOR E OS DESAFIOS DA SUA FORMAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

The social role of the teacher and the challenges of their training in science education

Fernando Siqueira da Silva²²

Ronan Moura Franco²³

Carlos Maximiliano Dutra²⁴

Resumo: Neste ensaio, mobilizados pela problemática sobre quais reflexões podem ser tecidas em relação ao papel do professor na sociedade com vistas a contribuir com a Educação em Ciências, objetivamos refletir de forma teórico-metodológica sobre a função social docente e as possibilidades de abordagem para o Ensino de Astronomia. Partimos com uma resposta reflexiva à sociedade sobre essa função que, evidentemente, não consegue ser exercida pela maioria dos pais, mães ou responsáveis pelos estudantes, devido, em especial, às especificidades da profissão. O que, de fato, faz um professor que a sociedade não consegue acompanhá-lo? Veremos que seu papel está condicionado a exigências legais, as quais lhe dizem sobre o seu dever em competências. Ao professor, cabe, dentre inúmeras competências legais: ensinar os conteúdos da sua disciplina e mostrar a relação com outras disciplinas, de modo a desenvolver uma visão cada vez menos fragmentada do conhecimento, isto é, buscando uma visão mais globalizada, uma visão do todo. Tomamos como exemplo o professor de matemática que, além de trabalhar os conteúdos de sua disciplina, poderá também relacioná-los com os saberes da Astronomia. Concluímos abordando os desafios da formação acadêmico-profissional, a qual, agora, deve analisar os problemas educacionais a partir da própria escola em direção da universidade e não apenas o contrário. Portanto, devendo considerar o contexto escolar e, principalmente, todas as experiências profissionais envolvidas, tanto àquelas dos técnicos, dos especialistas, dos universitários, quanto e, principalmente, àquelas do professor escolar.

Palavras-Chave: Função do Professor. Formação Profissional. Interdisciplinaridade.

Abstract: In this essay, mobilized by the issue of which reflections can be made in relation to the role of the teacher in society with a view to contributing to Science Education, we aim to reflect in a theoretical-methodological way on the social role of teaching and possible approaches to Science Teaching. Astronomy. We set out with a reflective response to society about this role that evidently cannot be performed by the majority of fathers, mothers

²²Licenciado em Matemática, Mestre em Educação, Doutorando em Ensino de Ciências na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Uruguaiana, RS, Brasil. E-mail: fernandosiqueira.aluno@unipampa.edu.br

²³Licenciado em Ciências da Natureza, Mestre em Ensino de Ciências, Doutorando em Ensino de Ciências na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Uruguaiana, RS, Brasil. E-mail: ronanfranco.aluno@unipampa.edu.br

²⁴Licenciado em Física, Mestre em Física, Doutor em Ciências. Docente do Magistério Superior da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Uruguaiana, RS, Brasil. E-mail: carlosdutra@unipampa.edu.br

or guardians of students, due, in particular, to the specificities of the profession. What does a teacher actually do that society cannot keep up with? We will see that your role is conditioned by legal requirements, which tell you about your duty in terms of competences. It is up to the teacher, to name just one of the countless legal competencies, to teach the contents of their subject and show the relationship with other subjects, in order to develop an increasingly less fragmented view of knowledge, that is, seeking a more globalized view, a vision of the whole. We take as an example the mathematics teacher, who, in addition to working on the contents of his discipline, can also relate them to Astronomy knowledge. We conclude by addressing the challenges of academic-professional training, which must now analyze educational problems from the school itself towards the university and not just the other way around; therefore, we must consider the school context and, mainly, all the professional experiences involved, both those of technicians, specialists, university students, and, above all, those of the school teacher.

Keywords: Teacher's Role. Professional Competence. Interdisciplinarity.

Introdução

Este ensaio desenvolveu-se, oportunamente, a partir de debates recorrentes no componente curricular sobre Formação de Professores, do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Mobilizados pela problemática sobre quais reflexões podem ser tecidas sobre o papel do professor na sociedade, este ensaio tem o objetivo de refletir de forma teórico-metodológica sobre essa função e, também, sobre as possibilidades de abordagem para o Ensino de Astronomia. Indo além, questionamos: o que, de fato, faz um professor que a sociedade não consegue acompanhá-lo?

Ainda sob ressaca da pandemia, em tempos de aumento das discussões acerca da educação híbrida, de ensino remoto, de ensino doméstico, pensar sobre a função social do professor nunca antes foi tão necessário: atrevemo-nos, então, a rabiscar algumas linhas. Aproveitamos, também, para lembrar de um cenário triste da nossa história educacional brasileira, um cenário de precarização das universidades públicas, das escolas públicas e de seus profissionais, algo que foi implementado há mais de 50 anos e que, infelizmente, continua a nos assombrar.

Visando encontrarmos uma resposta pertinente à nossa pergunta inicial “o que de fato faz um professor que a sociedade não consegue acompanhá-lo?”, neste texto, consideramos que a sua principal função (não a única) diz respeito ao ensino de saberes escolarizados (CHEVALLARD, 2005), algo que, salvo raras exceções, definitivamente não é um atributo da grande maioria da sociedade. Muito mais do que ensinar saberes fragmentados através dos livros didáticos, ao professor são imputadas uma infinidade de competências a serem desenvolvidas ao longo de sua formação inicial e continuada (BRASIL, 2019a; 2019b). Atualmente, além de dar conta dos saberes da sua disciplina, ele precisa também entrar em outras disciplinas (CHASSOT, 2008), identificando as relações entre os saberes nas mais distintas áreas do conhecimento e desenvolvendo práticas que estejam relacionadas ao contexto dos estudantes. Portanto, atualmente, espera-se que o professor vá além do conhecimento da sua disciplina e realize um diálogo com as outras disciplinas, tecendo uma junção entre elas, de modo a superar a sempre fragmentada visão cartesiana sobre os objetos de conhecimento, ou seja, espera-se que ele

desenvolva uma visão do todo dos objetos, uma visão sistêmica (LE MOIGNE, 1977; MORIN, 1990).

Supondo que nossa resposta tenha sido suficiente, embora um tanto resumida, considerando que ela não tem o intuito de descrever a totalidade das atribuições de um professor, passamos a discorrer sobre os desafios colocados pelas competências da formação continuada, exemplificando, agora, aquilo que deverá desenvolver um professor após sua formação inicial. Apenas como critério ilustrativo, tomamos o caso do professor de matemática que, além de ensinar os conteúdos da sua disciplina, matemática, também precisa desenvolver uma compreensão sobre a relação existente com os conteúdos das outras disciplinas: história, filosofia, física, astronomia, etc., não obstante, precisa desenvolver uma compreensão sobre os conteúdos matemáticos e suas relações com o contexto imediato dos estudantes.

Diante disso, pensamos no exemplo hipotético de uma aula de matemática sobre razão e proporção (Anos Finais do Ensino Fundamental) que poderá ser trabalhada pelo professor de matemática dentro da própria disciplina matemática ou, ainda, demonstrando a sua utilização em outra disciplina, a fim de explicar um fenômeno natural do nosso cotidiano: o dia “claro” e a noite, o diurno e o noturno, uma temática que atualmente é atribuída ao Ensino de Ciências, ao Ensino de Astronomia. Apresentamos, portanto, dois modelos distintos para essa finalidade, um modelo mais explicativo no formato de um modelo matemático e outro mais compreensível, no formato de um objeto-modelo didático. Historicamente, alguns traços dos modelos já foram desenhados (SILVA; CATELLI, 2019). Resumidamente, os modelos servem como pontes de ligação entre aquilo que nos dizem as teorias, de um lado e, aquilo que observamos da realidade, de outro. Não é possível ter acesso imediato e direto à realidade, é preciso, antes, traçar uma representação dela, isto é, um modelo.

Atualmente, são tantos os desafios a serem enfrentados pelos professores, entretanto, aqui, direcionaremos a atenção para o desafio de pensarmos os problemas educacionais a partir da própria escola, ou seja, a partir de onde eles ocorrem e não mais unicamente a partir da universidade. Se, antes, os saberes eram separados e fragmentados a partir da universidade e seguiam em direção da escola, agora, o desafio é juntá-los, globalizá-los a partir da própria escola em direção à universidade. Ou melhor, é na “Universescola” ou na “Escoluniverso” que deve jungir-se o elo democrático da passagem do saber. Pois, se antes as práticas profissionais eram desenvolvidas apenas “para as pessoas”, agora o desafio é fazer com que sejam desenvolvidas “junto com as pessoas”, unindo às experiências e não mais as separando: juntando-se às experiências dos especialistas com aquelas dos professores escolares (SOARES; COPETTI, 2020).

Desenvolvimento

Antes da pandemia, período no qual nos mantivemos aprisionados em nossos lares, em nossas casas, apartamentos, talvez nunca, na história da humanidade, havíamos parado para pensar na importância que tem um professor. Isso, pois, os dias de ensino remoto ou híbrido foram desafiadores para quem é pai, mãe ou responsável por estudante, mais ainda para aqueles que couberam a tarefa de

acompanhar estudantes dos anos iniciais, os quais são mais jovens e em fase de letramento, dessa forma enfrentando inúmeras dificuldades durante as atividades escolares. Esse cenário de vivências das práticas educativas por parte da família/responsáveis dos estudantes contribuiu para um maior reconhecimento do educador, embora ainda velado, escondido, aos poucos está sendo aflorado.

Desse modo, num contexto anterior à pandemia, cobrava-se da escola um papel de não apenas ensinar conhecimentos escolarizados, como também um papel de educadora, desenvolvedora de valores e atitudes. Hoje, passado esse momento pandêmico, parece-nos que esse papel se inverteu: aqueles que sempre duvidaram da importância da escola e dos seus professores na educação dos seus filhos sentiram na pele ter que enfrentar dentro dos seus próprios lares, esse tão importante papel, que é o ato de ensinar e de aprender, que faz um professor. Talvez esse seja um forte sinal de que deveríamos dar muito mais valor para os nossos professores, não apenas porque eles ensinam saberes escolares, fragmentados em suas especialidades, mas, também, porque o professor serve como um modelo (no sentido ético) no qual o estudante passa a se espelhar.

Depois de Chevallard (2005), tão mal compreendido ainda, sabemos que os saberes que chegam à escola, com frequência, não passam de pequenos fragmentos de um saber mais globalizado, sempre na forma de um saber parcial (CHEVALLARD, 2005), transposto do saber de origem (Ciência) para fins de ensino e aprendizagem na escola (Ensino de Ciências). É assim que funciona, o saber da ciência, o científico, antes de ser transformado em um objeto de ensino escolar deverá passar por um processo de reformulação, de reconstrução, de recontextualização que o afetará tanto em sua estrutura quanto em sua linguagem, surgindo assim um novo saber, o saber ensinado, inevitavelmente adaptado às finalidades do ensino através do professor. Resumidamente falando, é assim que ocorre o processo da transposição dos saberes científicos aos saberes escolarizados (CHEVALLARD, 2005).

E o que dizer dos pobres e infelizes dos livros didáticos, sempre tão cheios de boa intenção, mas inevitavelmente limitados em suas representações e linguagens, muitas vezes, o único material disponível nas escolas, com os quais os professores desenvolvem as suas aulas (LANGHI; NARDI, 2007). Mas, devemos defendê-lo! A precarização do livro didático, bem como a escassez de recursos para o desenvolvimento pedagógico das escolas públicas, tão necessários ao seu bom funcionamento, não é algo recente, visto que esse acentuado descaso pelo qual passa a escola pública já remonta a décadas. Há tempos, a escola pública e seus representantes vêm sendo vilipendiados em nosso país, sobretudo na atualidade, intensificado no discurso negacionista de alguns dos nossos governantes, no qual está presente a perseguição às universidades públicas, às escolas públicas e, principalmente, aos seus intelectuais. Esse cenário que se desenha parece-se muito com aquele que vivenciamos no Brasil, nas décadas de 60, 70 e 80, já denunciado inúmeras vezes pelos historiadores da educação, mas que ainda muitos fazem questão de ignorar.

Ainda bem que vivemos numa democracia, logo, é tempo de superarmos velhos erros, nossa falta de conhecimento sobre a realidade e, principalmente, o nosso desconhecimento sobre a história da nossa recente educação brasileira. Será preciso revelar algumas das suas principais chagas para que nunca mais nos esqueçamos? Assim, revelou-nos a historiadora da educação Cynthia Greive Veiga (2007) ao falar sobre o cenário político na época da Ditadura Militar (1964-1985), um

momento de muitas reformas educacionais depreciativas no país, as quais visavam deteriorar o ensino público, a escola pública e, notavelmente, a fortalecer o ensino privado. Interessante perceber que, nesses 21 anos de domínio ditatorial militarizado em nosso país, todas as reformas aconteceram de modo autoritário, segregacionista, e visavam a ascensão política, social e econômica das classes dominantes. Durante esse período de militares no poder, houve pouco avanço na escola pública e na formação dos professores, os quais enfrentavam condições pedagógicas inadequadas e, sobretudo, baixíssimos salários. Foram duas décadas de ensino superior com decrescente número de oferta de vagas nas universidades públicas, mas de ascensão e crescimento dos cursinhos pré-vestibulares, os quais funcionavam como centro de treinamento para acesso à universidade pública, principalmente daquela parcela mais elitizada da sociedade, com condições financeiras de frequentar cursos preparatórios de ingresso. Esse cenário já tem pouco mais de meio século, mas ainda sofremos com algumas de suas mazelas.

Entretanto, seguimos o nosso foco, afinal, o que faz um professor que a sociedade não consegue acompanhá-lo? Essa é uma pergunta aparentemente sem sentido, já que é de conhecimento comum que a principal atividade de um professor é ensinar, isto é, compartilhar conhecimentos, experiências, atitudes, valores, etc. Todavia essa é uma resposta um tanto quanto superficial, pois não denota a amplitude de todas as suas atribuições e obrigações, uma vez que um professor, além de ensinar, estuda, pesquisa, planeja, projeta, propõe, avalia, entre outras ações, sendo assim o professor é um potencializador das aprendizagens dos estudantes. Porém, ensinar e aprender talvez sejam os verbos mais importantes da sua atividade, os quais exigem sempre uma ação técnica, reflexiva e transformadora da realidade e, portanto, não é algo qualquer que se está a fazer. Mas, afinal, o que é ensinar? Um argumento interessante uma vez foi dado pelo sociólogo britânico, Paul Hirst, quando dizia que uma atividade de ensino não é uma atividade qualquer que se está a fazer, não é uma atividade desprezível, mas, sim, deliberada. O sociólogo sustentou que ensinar é uma atividade cheia de intenção a qual é normalmente desenvolvida por um professor (A), visando possibilitar uma aprendizagem em um estudante (B), sobre um determinado objeto (X), que pode ser tanto uma crença, quanto um comportamento ou uma aptidão (HIRST, 1971, p. 76 *apud* SILVA, 2012, p. 136). Assim, para o professor de teoria social do College, London, Paul Hirst: “a intenção de todas as actividades de ensino é a de produzir aprendizagem” (HIRST, 1971, p. 74 *apud* SILVA, 2012, p. 136) Mas, enganam-se aqueles que pensam que a atividade de um professor está apenas limitada a ações do ensino e da aprendizagem, apenas ao emprego de técnicas e de metodologias, as quais são apreendidas nos quatro ou cinco anos iniciais da sua formação. Na verdade, envolve muito mais do que isso: requer, no mínimo, um conhecimento sobre relações interpessoais, sobre as distintas fases do desenvolvimento humano e, principalmente, sobre habilidades de comunicar, de dialogar, de saber o momento de ouvir e de falar, mas também saber o momento de calar.

Já é de consenso que pouco adianta um professor ser repleto de conhecimentos, com todas as graduações e pós-graduações possíveis, se não consegue se comunicar com a comunidade escolar, se não consegue dialogar com seus alunos, se não consegue escutar os seus pares, se não consegue uma aproximação com as famílias. A escola atual não possui mais espaço para professores tradicionais que enchem o quadro de giz, que não dão tempo para ninguém copiar, que quando entram na sala de aula todo mundo silencia, emudece

e quase ninguém aprende. E quais conhecimentos são realmente importantes para um professor ensinar? Obviamente aqueles conhecimentos relativos à sua área de formação, à sua disciplina, os quais devem ser razoavelmente dominados, mediante uma sólida formação inicial pautada no estudo, na pesquisa, na experiência e nas trocas com colegas, professores e estudantes. Mas, essa é apenas a ponta do *iceberg*, a outra parte encontra-se submersa e diz respeito a uma série de habilidades e competências que lhes são exigidas por lei a desenvolver. Quem nunca ouviu falar nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) ou, mais recentemente, na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), os quais se constituem em documentos oficiais da educação brasileira, orquestrados pelo Ministério da Educação, por pesquisadores convidados, por professores e comunidade escolar (nem sempre considerados com a devida proporção), ou seja, por aqueles representantes da sociedade convidados a refletir e a definir, de tempos em tempos, as aprendizagens essenciais que cada estudante deve ter acesso. Destaca-se que tais documentos refletem os interesses de cada governo e carregam consigo valores e discursos ideológicos presentes nos órgãos, instituições e atores que compõem o Conselho Nacional de Educação.

Portanto, cabe a cada professor, de modo individual ou coletivo, desenvolver uma compreensão sobre aquilo que a cultura educacional lhe impõe ensinar. Mas, deverá o professor escolar ensinar apenas os conteúdos da sua disciplina? Deverá, por exemplo, o professor de matemática ensinar apenas os conteúdos disciplinares de matemática? Fadados ao engano se acreditarmos que o professor escolar deve apenas dar conta dos conteúdos da sua disciplina, visto que, atualmente, devido à complexidade do mundo em que vivemos, mais do que nunca, faz-se necessário partir da disciplina em direção à *indisciplina*, conforme defendeu com tamanha lucidez Chassot (2008). E, não o interpretamos mal, por *indisciplina* o educador em ciências queria dizer entrar dentro (*in*) das outras disciplinas, buscando uma formação educacional ampliada no sentido contrário à fragmentação, contrário à separação dos saberes, desenvolvendo uma educação holística do conhecimento, quer dizer, uma visão do todo do conhecimento. Porém, ao contrário do que se possa acreditar, a proposta do educador em ciências, Chassot (2008), não é a de acabar com as disciplinas, mas fazê-las conviver umas com as outras, a conversarem umas com as outras, já que a nossa velha tradição cartesiana nos ensinou a olhar para o mundo através de quatro preceitos para bem conduzir a nossa razão (LE MOIGNE, 1977).

Aprendemos, então, a separar, a dividir, a ordenar e nada omitir, a olhar para os objetos buscando um caminho seguro para alcançar a certeza sobre as coisas. Hoje em dia, esse é um pensamento que está fadado ao isolamento, conforme já demonstraram alguns dos principais cientistas da atualidade, como os franceses Edgar Morin (1990) e Jean-Louis Le Moigne (1977), que, por sua vez, compreendem a necessidade de partirmos cada vez mais desse antigo discurso do método em direção ao novo discurso do método (LE MOIGNE, 1977, p.41-5) e, assim, partirmos do:

- 1) preceito da “evidência” ou da clareza do objeto em direção ao preceito da “pertinência” ou da compreensão explícita e implícita do objeto;
- 2) partirmos do preceito “reducionista” ou da fragmentação do objeto em direção ao preceito do “globalismo” ou da compreensão do objeto como um todo maior;

3) do preceito “causalista” ou da análise do objeto para o preceito “teleológico” ou da concepção ou representação do objeto e;

4) do preceito da “exaustividade” do objeto (a fim de nada omitir) na direção do preceito da “agregatividade”, onde toda e qualquer representação do objeto é vista como “partidária”, cabendo ao pesquisador fazer as suas escolhas de modo pertinente, ao invés de escolhas evidentes (LE MOIGNE, 1977). Dessa forma, conforme o autor, precisamos cada vez mais avaliarmos os saberes e os nossos conhecimentos a partir das incertezas que eles produzem; dos seus erros; das suas funcionalidades; a partir da visão de um todo maior, sempre em vista dos objetivos que nos colocamos (*idem*). Devemos, enfim, avaliarmos a natureza a partir da sua complexidade.

Atualmente, espera-se do professor não apenas um constante entrar e sair da sua disciplina, não apenas um diálogo permanente com as outras disciplinas, não apenas um conhecimento sobre as diferentes linguagens, as quais se estruturam os conhecimentos, mas também o desenvolvimento de uma centena de competências, as quais devem ser desenvolvidas ao longo da sua formação inicial e continuada. Alinhadas à perspectiva mercadológica da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), algumas destas competências foram recentemente elencadas pela Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC-Formação Continuada) (BRASIL, 2020), documento que está norteando o trabalho docente. Anteriormente, em 2019, é publicada a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação) (BRASIL, 2019a) juntamente das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica. É interessante destacar que as atuais políticas curriculares separam as formações inicial e continuada, questão que já havia sido superada.

A BNC-Formação começa a ser pensada em meados de 2018, quando o Ministério da Educação apresenta a proposta da Base Nacional Comum da Formação dos Professores da Educação Básica, visando revisar as diretrizes dos cursos de pedagogia e licenciaturas para alinhá-los à BNCC. Logo, o Conselho Nacional de Educação aprova o Parecer 22/2019, infelizmente revoga a Resolução n. 2/2015 e afirma que “os professores devem desenvolver um conjunto de competências profissionais que os qualifiquem para colocar em prática as dez competências gerais, bem como as aprendizagens essenciais previstas na BNCC” (BRASIL, 2019b, p.1), responsabilizando os docentes pelo sucesso ou insucesso da sua prática. Em se tratando de formação continuada de professores da Educação Básica, entre competências gerais e específicas, divididas em diferentes dimensões (do conhecimento profissional, da prática profissional, do engajamento profissional), gostaríamos de chamar a atenção para duas delas, ligadas ao conhecimento profissional: “1.1.2 Compreender a relação dos conteúdos que ensina com os das outras disciplinas; 1.1.3 Conhecer a relação dos conteúdos que ensina com o contexto no qual o aluno está inserido” (BRASIL, 2020, p.10). E, como poderíamos dar conta de tais competências para se efetivar um ensino inovador e emancipatório como nos ensina Paulo Freire (2009)?

Como forma de insurgir e na tentativa de nos adaptarmos aos preceitos legais da normativa, tomemos, por exemplo, a situação hipotética de um professor de matemática, que compreende a importância da sua disciplina, mas que também percebe a necessidade de sair dela de vez em quando. Assim, ao ensinar os conteúdos disciplinares sobre razão e proporção, por exemplo, além de trabalhá-los

no interior da sua própria estrutura lógico-matemática, identificando as suas propriedades e as relações entre seus elementos, poderá ainda demonstrar em que outras disciplinas essa linguagem aparece, quer dizer, trabalhando (*in*)disciplinarmente, identificando onde mais esses conhecimentos matemáticos são utilizados e, principalmente, (1.1.3) identificando que relações esses conhecimentos guardam com o contexto dos estudantes. Para exemplificar, vejamos um exemplo bem próximo do nosso cotidiano, a problemática da duração do dia “claro” (diurno) e da noite (noturno). Quem nunca parou para pensar sobre como funciona o dia “claro” e a noite? Ou, ainda, quem nunca parou para pensar no movimento diário do Sol? Como explicar esses fenômenos naturais e o que isso tem a ver com razão e proporção em matemática? Certamente, tem tudo a ver! Uma explicação evidente, um pouco mais asséptica, formal, abstrata, poderia ser assunto em uma aula que misturasse razão e proporção em matemática e a duração do dia e da noite, em Astronomia. Vejamos, como exemplo, a representação esquemática de Canalle (1999) em seu artigo intitulado: “Explicando astronomia básica com uma bola de isopor”. Seguramente, uma das mais belas ideias de como abordar o ensino da duração do dia “claro” e da noite, porém algumas delas um tanto quanto abstratas que nos parece que não devem ser utilizadas com estudantes mais iniciantes. A ideia da bola de isopor e das linhas das trajetórias a ela desenhadas, por exemplo (figura 1), requerem um nível de abstração mais amadurecido, conforme reconheceu o educador em astronomia: a modelagem matemática da duração do dia “claro” e da noite deve ser abordada apenas após os professores terem trabalhado com as estações do ano, que é atualmente um objeto do conhecimento do ensino de ciências do 8º ano, conforme a BNCC (BRASIL, 2018). Portanto, nos anos finais do Ensino Fundamental. Logo, devido à problemática natural que é a compreensão da linguagem matemática apenas pela via da intuição, a representação de Canalle (1999), talvez, seja um assunto mais adequado aos anos finais do fundamental ou ao nível médio. Analisemos a representação a seguir:

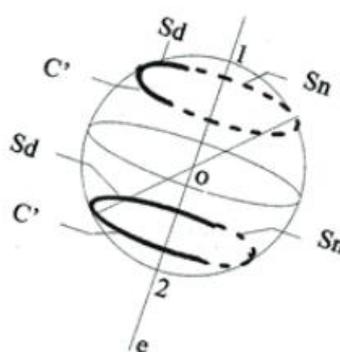


Fig. 7- A linha circular C' paralela à linha do equador mostra, no hemisfério 1, quando nele é inverno, o período diurno (arco contínuo) S_d e o período noturno (arco tracejado) S_n e o mesmo no hemisfério 2 quando é verão. (Nesta Fig.7 está representada a posição C da Fig. 5.)

Figura 1 – Representação de Canalle (1999, p. 325) para a explicação matemática do período diurno e noturno.

A representação esquemática de Canalle (1999) é utilizada para demonstrar como ocorre a divisão do dia “claro” e da noite em nosso “esférico” planeta Terra ou, melhor, como ocorre a divisão do período “diurno” e “noturno”. No hemisfério 1, temos a representação da duração do período diurno no primeiro dia de inverno, que ocorre devido à posição da Terra em sua órbita, combinada com a inclinação do eixo de rotação, que faz com que os raios solares incidam em uma menor região por m² da sua superfície. É o dia “claro” com a menor duração durante o ano. A expressão dia “claro” significa aqui o tempo em que o sol permanece acima do horizonte, a qual é distinta da expressão “dia” que é aquela relativa ao período de 24 horas, e que não devem ser confundidas. E, no hemisfério 2, a estação contrária, a representação do período diurno no primeiro dia do verão, que devido à posição da Terra em sua órbita combinada com a inclinação do eixo, faz com que os raios solares incidam agora em uma maior região por m² da sua superfície. É o dia “claro” mais longo do ano. Assim, a partir dessa representação esquemática de Canalle (1999), o professor escolar de matemática poderá demonstrar, utilizando a 2ª propriedade das proporções, que: no hemisfério 1, no primeiro dia do inverno, a duração do dia “claro” (arco contínuo S_d) “está para” a duração da noite (arco tracejado S_n), “assim como” no hemisfério 2, no primeiro dia de verão, a duração do dia “claro” (arco contínuo S_d) está para a duração da noite (arco tracejado S_n) e ambos realizam um ciclo completo a cada 24 horas, isto é, podemos dizer, matematicamente falando: S_d + S_n = 24 horas. Logo, deduz-se que S_d é proporcional à duração do dia (T_d) e S_n é proporcional à duração da noite (T_n). Assim, após o professor ter desenvolvido o conteúdo sobre razão e proporção na sua disciplina de matemática, poderá relacionar o seu conteúdo disciplinar com a duração do dia “claro” e da noite para explicar um fenômeno natural trabalhado em outra disciplina, ou seja, para explicar uma temática do Ensino de Ciências, do Ensino de Astronomia. Conforme a explicação matemática de Canalle (1999), utilizando implicitamente as regras da 2ª propriedade das proporções, chegamos nas seguintes relações:

$$\frac{S_d + S_n}{24} = \frac{S_d}{T_d} \Rightarrow T_d = \frac{S_d}{S_d + S_n} 24 \text{ h} \Rightarrow T_n = \frac{S_n}{S_n + S_d} 24 \text{ h}$$

Figura 2 – Modelo matemático utilizado por Canalle (1999, p. 325-6) para a explicação do período diurno e noturno.

Entretanto, conforme podemos notar, essa é uma explicação matemática que exige dos estudantes um maior nível de abstração, logo, ela não é adequada para os anos iniciais do Ensino Fundamental, constituindo-se em uma proposta para ser experimentada a partir dos anos finais, talvez a partir do 8º ou 9º ano já poderia ser avaliada sua empregabilidade, pois é a partir dos anos finais do fundamental que, segundo a BNCC, os estudantes demonstram ter maior curiosidade se comparado aos anos mais iniciais, momento de “uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento” (BRASIL, 2018, p. 343). Entretanto, somos de acordo que essa proposta envolvendo a explicação do dia “claro” e da noite a partir de um conteúdo específico da matemática, gerando um modelo matemático de um fenômeno natural, seja mais adequada aos alunos do Ensino Médio, onde se espera também uma “consolidação e aprofundamento dos

conhecimentos” (BRASIL, 2018, p. 464) desenvolvidos no Ensino Fundamental. Além disso, é no ensino médio que os estudantes se encontram mais amadurecidos, intelectualmente falando, sendo que é justamente nesta última etapa da educação escolar que se consegue perceber nos estudantes uma maior capacidade para relacionar as linguagens e os fenômenos naturais, as linguagens e os artefatos tecnológicos (BRASIL, 2018).

Contudo, é possível analisarmos o fenômeno do período diurno e noturno a partir de outra perspectiva, talvez menos asséptica, menos abstrata que a exemplificada pelo modelo matemático de Canalle (1999) e, que, também, poderia ser trabalhada nos anos finais do fundamental ou no ensino médio. Acreditamos que a linguagem matemática é, sem dúvida, uma bela linguagem, entretanto não a única. Olhemos, por exemplo, para a proposta de Silva e Catelli (2020) que trazem uma abordagem mais intuitiva, figurativa, concreta, uma abordagem pertinente através da modelização de um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). Feito com materiais recicláveis, manipuláveis, concretos, o objeto-modelo didático pretende auxiliar numa visão mais globalista do fenômeno do dia “claro” e da noite. Com o OMMCAD, é possível desenvolvermos uma compreensão sobre: a) o movimento diário do Sol; b) duração aproximada do “dia claro” e da noite para qualquer região da Terra, em qualquer época do ano e, c) a posição do nascimento do sol ao longo do ano.

O OMMCAD é um objeto-modelo concreto, manipulável e permite aos estudantes, por exemplo, escolherem uma determinada região do planeta de seu interesse, regularem-no para a latitude desse lugar e fazerem previsões muito aproximadas sobre a duração do “dia claro” e da noite, em qualquer época do ano, basta, para isso, compararmos com a previsão feita por um *software* qualquer de previsão do tempo: os valores são incrivelmente aproximados (SILVA, 2011; SILVA, CATELLI, 2020; SILVA *et al.*, 2022). Sua confecção é bem simples, utilizando basicamente materiais recicláveis como, por exemplo, um “CD” em desuso, que tem a função de representar o plano do horizonte do observador e, uma lâmina de transparência com a função de representar a faixa da esfera celeste onde são desenhadas as trajetórias solares ao longo do ano. O propósito do OMMCAD é ser um objeto de compreensão, antes de ser um objeto de explicação, isto é, com ele busca-se potencializar a compreensão dos fenômenos naturais, como o dia “claro” e a noite (e aqueles fenômenos descritos anteriormente em a, b e c), antes de qualquer exigência de explicação teórica do seu funcionamento. Acreditamos que antes de partirmos para a explicação de algo, teoricamente falando, precisamos desenvolver uma compreensão sobre o que queremos explicar.

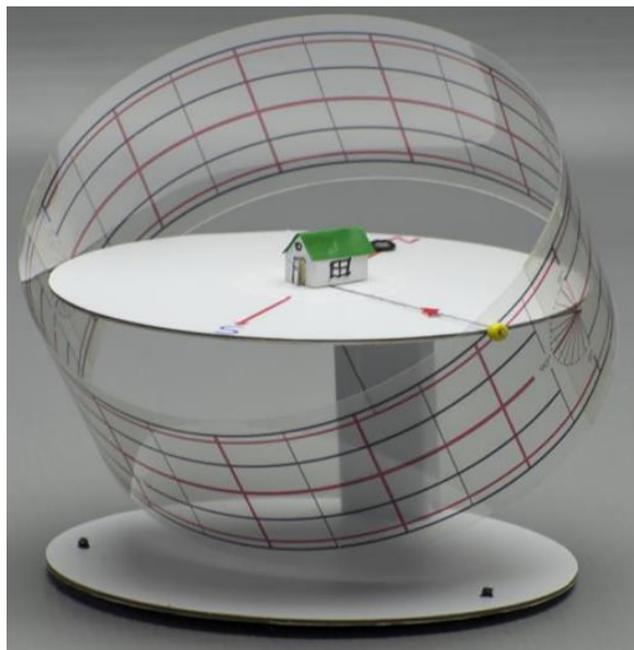


Figura 3 – Fotografia do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD) (adaptado de SILVA; CATELLI, 2020).

Portanto, estes foram alguns exemplos de como um professor de matemática poderá desenvolver algumas de suas competências profissionais relativas aos objetos do conhecimento, compreendendo que os objetos matemáticos de sua disciplina, muitas vezes, guardam relação com os objetos das outras disciplinas e, em outras vezes, é capaz de dizer algo sobre o comportamento dos fenômenos naturais e a responder perguntas relacionadas ao nosso cotidiano. Cabe a ele, ainda, decidir, conforme o nível de desenvolvimento dos seus alunos e a etapa de escolarização, qual a estrutura e qual a linguagem é a mais adequada para representar o seu objeto de ensino. Com alunos iniciantes, o foco é no lúdico, no concreto, no figurativo, já com alunos mais avançados o foco é no abstrato, no intangível, no inteligível.

Todavia, não podemos finalizar este ensaio sem falarmos da formação acadêmico-profissional, um processo em permanente construção. Por “formação acadêmico-profissional”, segundo Diniz-Pereira (2008, 2011), compreendemos que a Universidade e a Escola de Educação Básica devem compartilhar a responsabilidade formativa dos professores ao:

[...] conceber o ensino como uma atividade profissional apoiada em um sólido repertório de conhecimentos, entender a prática profissional como um lugar de formação e de produção de saberes práticos e estabelecer ligação entre as instituições universitárias de formação e as escolas da Educação Básica (DINIZ-PEREIRA, 2011, p. 213).

Nesse sentido, ao invés de dividir (preceito cartesiano), o desafio da formação de professores passou a ser, agora, juntar (preceito sistêmico). O desafio não é mais tanto o ir da universidade em direção da escola, uma ação importantíssima, evidentemente, mas pertinentemente devemos agora trazer a escola na direção da universidade para juntas trocarem experiências e aprendizados. O desafio é partir dos problemas reais a partir da onde eles inicialmente ocorrem, portanto, é a partir

da escola que os problemas educacionais devem ser analisados. A formação deve considerar, ainda, um levar menos (-) da universidade e um trazer mais (+) da escola, assim, primeiramente, os pesquisadores devem conhecer as necessidades escolares locais, as expectativas gerais e os principais anseios dos professores escolares, uma vez que, segundo Soares e Copetti (2020), a formação deve buscar conhecer as práticas profissionais dos professores, identificando as suas ideias, ressignificando-as sempre a partir do seu contexto, ou seja, a partir da própria escola, visando sempre uma aproximação entre aquilo que diz a ciência e as subjetividades. Desse modo, será pensando conjuntamente o objeto do saber que, pesquisador e professor, poderão superar alguns dos desafios educacionais que se colocam.

Precisamos oferecer um cuidado especial ao contexto escolar, ao dia a dia dos professores escolares, pois é na escola onde geralmente os principais problemas educacionais aparecem e é, a partir dela, que também devem ser pensados os problemas didáticos. Agora, a ideia almejada na formação de professores é juntar e não dividir, tendo como foco considerar as experiências profissionais dos professores escolares, identificar coletivamente os seus problemas e ir buscando as soluções, as quais poderão ser encontradas nas junções entre teoria e prática, entre a universidade e escola, entre o pesquisador e o professor escolar.

Deve-se propor, assim, uma junção entre as instituições, buscando um maior relacionamento, a fim de unir os principais atores envolvidos com o ensino e com a aprendizagem do saber. É na universidade e na escola, na escola e na universidade, ou melhor, na “Universescola” ou na “Escoluniverso” que, até encontrarmos um termo mais elegante, deve-se jungir o elo formativo. Desse modo, a ideia é juntar e não mais apenas dividir, ou seja, todas as experiências e práticas devem ser aceitas como válidas, devem ser aceitas como pertinentes, tanto aquelas objetivas do pesquisador universitário, quanto àquelas subjetivas do professor escolar, para que tenhamos novas e intersubjetivas experiências e práticas. O desafio atual, na formação de professores, está no desenvolvimento de trocas, de experiências e de práticas “entre pessoas”, “com pessoas” e não mais “para pessoas”, conforme debatemos recentemente no componente curricular sobre formação de professores: desafios e perspectivas, do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, da Unipampa.

Considerações Finais

Ao tecermos esse ensaio propomos como objetivo refletir de forma teórico-metodológica sobre a função social do professor e possibilidades de abordagem para o ensino de Astronomia. Precisamos compreender que a função social do professor não é apenas a de educar em atitudes e valores, o que o faz assumir, certas vezes, a posição de um modelo ético (ou antiético) para os estudantes, mas, sobretudo, a função de ensinar e de permitir aprender saberes escolarizados. Com o advento da pandemia, mais do que nunca, ficou evidente que o professor é um profissional que precisa ser altamente valorizado (principalmente financeiramente) em sua função social, respeitado pela sociedade, pelos pais, mães e responsáveis pelos estudantes, pois com tantos desafios formativos certamente nenhum outro profissional conseguirá acompanhá-lo.

Outro desafio a ser enfrentado pelo professor é a problemática da precarização do livro didático, o que, juntamente com a precarização da educação pública, iniciou-se com o regime militar, em 1964, intensificando-se a partir daí, fato que deve levá-lo a buscar outros materiais didáticos mais contemporâneos para o preparo de suas aulas e formas diversificadas para compartilhar o seu saber. Saber que agora precisa ser visto não apenas no interior de sua disciplina, mas também fora dela, no interior de outras disciplinas e não mais unicamente apenas por meio de análises e fragmentações dos objetos, oportunizadas pela nossa visão cartesiana. Ao contrário, o educador ir em busca da junção dos objetos, trabalhando a partir das suas incertezas, dos seus erros e funcionalidades, a fim de olharmos para os objetos através de uma visão sistêmica, isto é, de um objeto como fazendo parte de um todo maior.

Como forma de exemplificação, utilizamos o caso hipotético do professor de matemática que em sua formação continuada deverá desenvolver uma série de competências, dentre elas, a compreensão do seu objeto de ensino e a relação com os objetos das outras disciplinas. Não obstante, precisa demonstrar qual relação o seu objeto de ensino guarda com o contexto imediato dos estudantes. Para isso, exemplificamos o caso da razão e proporção em matemática e o que isso tem a ver com a explicação da duração do dia “claro” e da noite em astronomia. Demonstramos que existem ao menos duas maneiras de olharmos para essa temática: primeiro por meio de um modelo de explicação oportunizado por um modelo matemático e segundo, através de um modelo de compreensão proporcionado pelo OMMCAD. Portanto, demonstramos que sempre é possível olharmos para um objeto de conhecimento a partir de diferentes formas, a partir de distintas estruturas e linguagens. Podemos encontrar um modelo de explicação ou desenvolver um modelo de compreensão.

Por fim, sustentamos que a formação acadêmico-profissional requer, atualmente, ir em outra direção, oposta à fragmentação e a separação dos saberes: requer um maior diálogo entre a Universidade e a Escola, entre o pesquisador e o professor escolar, entre teoria e prática, a fim de desenvolverem-se cada vez mais as experiências intersubjetivas. A formação de professores deverá ser pensada, portanto, a partir das práticas escolares e do contexto onde elas são realizadas, isto é, a partir da própria escola em direção à universidade. Assim, como possibilidade de trabalhos futuros, parece-nos oportuno o incentivo da interdisciplinaridade na formação de professores e em propostas de investigação que envolvam práticas interdisciplinares na Escola.

Referências

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018a. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/Conselho Pleno (CNE/CP). **Resolução CNE/CP n. 4, de 17 de dezembro de 2018**. Institui a Base Nacional Comum Curricular na Etapa do Ensino Médio (BNCC-EM), como etapa final da Educação Básica, nos termos do artigo 35 da LDB, completando o conjunto constituído pela BNCC da Educação Infantil e do Ensino Fundamental, com base na Resolução CNE/CP nº 2/2017, fundamentada no Parecer CNE/CP nº 15/2017. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, p. 120-122, 18 dez. 2018b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2018-pdf/104101-rcp004-18/file>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRASIL. **Resolução CNE/CP n. 2, de 20 de dezembro de 2019**. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Brasília, 2019a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRASIL. **Portaria n. 2.167, de 19 de dezembro de 2019**. Homologa o Parecer CNE/CP nº 22/2019, do Conselho Pleno do Conselho Nacional de Educação, que, junto ao Projeto de Resolução a ele anexo, define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica – BNC Formação. Brasília, 2019b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-2.167-de-19-de-dezembro-de-2019-234650456>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRASIL. **Resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020**. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC-Formação Continuada). Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-1-de-27-de-outubro-de-2020-285609724>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CANALLE, J. B. G. Explicando astronomia básica com uma bola de isopor. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 3, p. 314-331, dez. 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6797>. Acesso em: 15 de mai. 2021.

CHASSOT, A. I. Da química às ciências: um caminho ao avesso. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (org.). **Educação química: memórias, políticas e tendências**. Campinas: Línea, 2008.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sábio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique grupo Editor, 2005.

DINIZ-PEREIRA, J. E. A formação acadêmico-profissional: compartilhando responsabilidades entre as universidades e escolas. In: TRAVERSINI, Clarice *et al.* (org.) **Trajétórias e processos de ensinar e aprender: didática e formação de professores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

DINIZ-PEREIRA, J. E. A prática como componente curricular na formação de professores. **Educação**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 203-218, mai./ago. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/3184>. Acesso em: 21 mai. 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 40. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 24, n. 1, p. 87-111, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>. Acesso em: 15 mai. 2021.

LE MOIGNE, J. **A teoria do sistema geral**: teoria da modelização. Lisboa: Instituto Piaget, 1977.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

SILVA, F. S. **Objetos-modelo no ensino de astronomia e o processo da transposição didática**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (2011). Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/422>. Acesso em: 15 mai. 2021.

SILVA, F. S. Ensinar e aprender: os dois lados da mesma moeda. In: STECANELA, N. (org.) **Diálogos com a educação**: intimidades entre escrita e pesquisa. Caxias do Sul: Educs, 2012.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Tppttn4TXLkh9STzkrqVFKb/?lang=pt>. Acesso em: 15 mai. 2021.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. Os modelos no ensino de ciências: reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 42, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/7crP8QRsn636rMxVp3VHVtk/?lang=pt>. Acesso em: 15 mai. 2021.

SILVA, F. S.; OURIQUE, P. A.; CATELLI, F.; MACHADO, M. M.; DUTRA, C. M. REA no Ensino de Astronomia. In: MACHADO, M. M.; DUTRA, C. M.; RUPPENTHAL, R. (org.). *Grupos de pesquisa em ação: contribuições para o desenvolvimento da educação científica*. Curitiba: Editora CRV, 2022. Disponível em: <https://www.editoracrv.com.br/uploads/pdfs/1659642222-grupos-de-pesquisa-em-acao.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SOARES, R. G.; COPETTI, J. Formação profissional docente: perfil e compreensão de professores de uma escola pública do RS. **Práxis Educacional**. Vitória da

Conquista, BA, v. 16, n. 40, p. 573-591, jul./set. 2020. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/6446>. Acesso em: 20 mai. 2021.

VEIGA, C. G. **História da educação**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2007.

APÊNDICE F - Implicações sobre a Exposição Solar em Saúde e Qualidade de Vida de Pós-graduandos em Educação em Ciências

Implicações sobre a Exposição Solar em Saúde e Qualidade de Vida de Pós-graduandos em Educação em Ciências

Implications on Sun Exposure on Health and Quality of Life of Postgraduate Students in Science Education

Implicaciones de la exposición al sol en la salud y calidad de vida de estudiantes de posgrado en educación científica

Fernando Siqueira da Silva

Pedro Antônio Ourique

Carlos Maximiliano Dutra

Resumo:

Compreendendo a grande importância da vitamina D na saúde e qualidade de vida das pessoas, realizamos uma investigação com estudantes de pós-graduação a fim de verificar seus conhecimentos prévios sobre a exposição solar e a produção da vitamina D. Também, procuramos identificar o nível sérico desse hormônio entre os participantes e algumas de suas implicações. Os pós-graduandos responderam a um questionário de perguntas fechadas. Os dados foram analisados mediante o uso de ferramentas estatísticas e apresentados sob distintos tipos de gráficos. Concluímos que a maioria dos estudantes desconhece a importância do Sol na produção da vitamina D, possuindo hábitos e estilos de vida que desfavorecem a manutenção de um nível adequado desse hormônio.

Palavras-chave: Exposição solar controlada; Vitamina D; Saúde e Qualidade de Vida; Estudantes de pós-Graduação; Dados estatísticos.

Abstract:

Understanding the great importance of vitamin D in people's health and quality of life, we carried out an investigation with postgraduate students in order to verify their previous knowledge about sun exposure and vitamin D production. We also sought to identify the serum level of this hormone between participants and some of its implications. The postgraduate students responded to a questionnaire with closed questions. The data was analyzed using statistical tools and presented in different types of graphs. We conclude that the majority of students are unaware of the importance of the Sun in the production of vitamin D, having habits and lifestyles that do not favor the maintenance of an adequate level of this hormone.

Keywords: Controlled sun exposure; Vitamin D; Health and Quality of Life; Postgraduate students; Statistic data.

Resumen:

Entendiendo la gran importancia de la vitamina D en la salud y calidad de vida de las personas, realizamos una investigación con estudiantes de posgrado con el fin de verificar sus conocimientos previos sobre la exposición solar y la producción de vitamina D. También buscamos identificar el nivel sérico de esta hormona entre los participantes y algunas de sus implicaciones. Los estudiantes de posgrado respondieron a un cuestionario con preguntas cerradas. Los datos fueron analizados utilizando herramientas estadísticas y presentados en diferentes tipos de gráficos. Concluimos que la mayoría de estudiantes desconocen la importancia del sol en la producción de vitamina D, teniendo hábitos y estilos de vida que no favorecen el mantenimiento de un nivel adecuado de esta hormona.

Palabras-clave: Exposición controlada al sol; Vitamina D; Salud y Calidad de Vida; Estudiantes postgraduados; Datos estadísticos.

INTRODUÇÃO

Considerada um problema de saúde global a hipovitaminose D tem sido apontada como um fator importante para o acometimento de vários tipos de cânceres e outras doenças em humanos (JORGE et al., 2018; DA SILVA et al., 2020). Nota-se que, sob esse alerta, os médicos corriqueiramente vêm solicitando exames de verificação e prescrevendo a suplementação por capsulas de vitamina D. Entretanto, a sua ingestão não tem demonstrado qualquer efeito para uma série de moléstias, fazendo-se necessário aderir a uma exposição solar adequada (GARCÍA-FRANCO; NAVARRO; CORROCHANO, 2019).

Em um artigo de revisão, Jorge e colaboradores (2018, p. 423) sustentam que cerca de 80% da vitamina D é sintetizada pelo nosso organismo mediante a exposição solar adequada, isto é, mediante exposição à radiação solar UVB e apenas 20% têm como fonte à alimentação. Em outro estudo mais recente, Da Silva e colaboradores (2020, p. 9241) sustentam que esse percentual pode ser ainda maior, de até 90% pela via da exposição solar e apenas 10% pela via alimentar.

Considerando a grande relevância desse tema para a saúde e qualidade de vida das pessoas, realizamos uma investigação com estudantes de pós-graduação a fim de verificar seus conhecimentos sobre a exposição solar e a vitamina D, também procuramos identificar o nível sérico de vitamina D desses participantes e algumas implicações.

Neste estudo, apresentamos alguns dados estatísticos oriundos de 63 questionários distribuídos entre 109 pós-graduandos do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Pampa PPGECQVS/UNIPAMPA/Uruguaiana/RS, latitude (\square) = - 29°, 45' cidade próxima ao Trópico de Capricórnio (\square) = - 23, 5°.

Esta pesquisa originou-se a partir da disciplina de análise quantitativa no ensino de ciências. Os pós-graduandos foram avaliados através da aplicação de conhecimentos e ferramentas estatísticas para desenvolver uma proposta de análise quantitativa aplicada à Pesquisa em Ensino de Ciências.

Concluimos que, a partir das análises e ferramentas estatísticas empregadas, há um baixo nível sérico de vitamina D entre os estudantes, o que pode estar relacionado a alguns fatores como, por exemplo: baixo percentual que se expõe adequadamente a radiação solar (58%); exposição solar realizada em horário

inadequado (57%); uso quase que exclusivo do carro como meio de transporte diário (79%); baixo número de praticantes de atividade física em ambiente aberto (62% de 63%) e uso inadequado do protetor solar (63%), geralmente em horários em que a radiação solar UVB seria mais bem aproveitada.

DESENVOLVIMENTO

A SINTETIZAÇÃO DA VITAMINA D

Conforme Holick (2008a, p. 184), a produção do hormônio conhecido como vitamina D é um processo complexo que começa na pele, quando aquecida pela exposição aos raios solares UVB. O processo é simplificado o seguinte: a interação da radiação solar com a epiderme leva à produção de uma enzima denominada 7-deidrocolesterol (pro-vitamina D3) e por ação do calor é convertida em seguida em (pré-vitamina D3) e por fim em colecalciferol (vitamina D3). Depois, ao passar pelo fígado, o colecalciferol transforma-se em 25OH vitamina D3 (ou 25-hidroxivitamina D3). Depois mais, ao passar pelos rins e outros órgãos, é finalmente convertido em sua forma ativa: Calcitriol 1,25 vitamina D3 ou 1,25-di-hidroxicolecalciferol ou 1,25-di-hidroxivitamina D3 ou, simplificado, Vitamina D3. A vitamina D3 é, portanto, um hormônio responsável pela regulação de sais minerais (cálcio e fósforo) que serão absorvidos pelo nosso organismo. Cerca de 80-90% é produzido pela exposição ao UVB solar, auxiliando no bom funcionamento de “n” sistemas do corpo humano, principalmente no ósseo e muscular.

A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR (RUV)

A radiação ultravioleta (RUV) emitida pelo Sol é a energia resultante das reações nucleares solares, em altas temperaturas, que chegam à Terra em forma de ondas eletromagnéticas ou partículas, em comprimentos de onda que variam entre 100 a 400 nanômetros da faixa espectral. Sua descoberta é atribuída ao físico alemão, Johann Wilhelm Ritter, em 1801, e desde então tem sido fonte de estudos sobre os efeitos na saúde humana (SILVA, 2008). A distribuição de RUV se dá em três faixas do ultravioleta: de 100 a 280 nm (UVC), de 280 a 315 nm (UVB) e de 315 a 400 nm (UVA).

PERCENTUAL DE UVB QUE CHEGA À SUPERFÍCIE DA TERRA

Conforme Silva (2008), da radiação ultravioleta solar que chega até nós, uma parte é absorvida, outra parte é refletida de volta ao espaço e, outra parte ainda é irradiada na direção do solo. Assim, apenas 4% da radiação que chega até nossa pele, cerca de 96% é UVA e apenas 4% é UVB. Já a radiação UVC não chega a atravessar a atmosfera, uma parte é absorvida e outra é refletida.

A DISTRIBUIÇÃO DA RUV

Conforme explicado por Sentelhas e Angelocci (2012), a distribuição da radiação que chega à superfície da Terra, chamada de irradiância, depende da distância zenital (Z) do Sol, isto é, do ângulo formado entre o zênite (vertical do lugar) e a localização anual do Sol no céu. Assim, quanto menor esse ângulo (, maior a irradiância (ex: período do verão) e quanto maior esse ângulo (, menor a irradiância (ex: período de inverno). A irradiância solar é uma medida da quantidade de radiação (watts/h) por área de superfície (m²) e sua variação depende de algumas variáveis como, por exemplo, a latitude do lugar, as estações do ano, a poluição, as nuvens, o sombreamento, etc.

LATITUDES COM MENOR INCIDÊNCIA UVB E A HIPOVITAMINOSE D

Com bastante propriedade, Zielinska-Dabkowska (2014) destacou a importância do Sol na produção da vitamina D, hormônio que até a década de 90 era entendido como sintetizado único e exclusivamente pelos rins, sem levar em consideração nesse processo a influência da radiação UVB no aquecimento da pele. Assim, sustenta que nos meses de inverno, quanto mais perto da linha do equador maior é a capacidade de produção dessa vitamina e quanto mais afastado, em latitudes mais elevadas, menor é essa capacidade.

A DISTRIBUIÇÃO DA RADIAÇÃO UVB DEPENDE DO QUÊ, AFINAL?

Conforme aponta Zielinska-Dabkowska (2014, p. 44), a produção de vitamina D depende de inúmeras variáveis: **Latitude:** UVB mais intensa no equador (0°) e menos intensa nos polos (90°); **Altitude:** a cada 1km de altitude a radiação UVB pode aumentar em até 7% devido à diminuição da atmosfera; **Condições atmosféricas:** camada de ozônio, nuvens, poluição absorvem a radiação; **Época do**

ano: como o ângulo zenital muda com a estação do ano, nos meses do verão UVB é mais intensa e nos meses do inverno é menos intensa; **Hora do dia:** mais intensa nas proximidades do meio-dia e menos intensa pela manhã e metade final da tarde. **Pele:** em indivíduos com determinado tipo de pele, como os de pigmentação (negra), a absorção da UVB compete com a melanina, afetando a síntese da Vitamina D. **Refletividade do material:** neve (95% de UVB); areia (17% da UVB); água (3 a 5% da UVB) é refletida. **Posição/Postura do corpo:** Na posição deitada ao meio-dia a radiação incide à 90° sob a pele; **Sombreamento:** árvores, prédios, guarda-sol. **Áreas abertas e fechadas:** em áreas construídas a UVB é menor que nas áreas mais abertas. **Fotoprotetores:** Protetores FPS 30 reduzem em 95% a absorção de UVB.

TIPOS DE PELE E SEU BRONZEAMENTO PELA RUV

Conforme a figura 6, adaptada de Zielinska-Dabkowska (2014), que apoiada na escala de Fitzpatrick, mediu a pigmentação cutânea classificando-a em 6 tipos distintos de pele, cada uma contendo uma pigmentação específica e variada, relacionada a múltiplos fatores como, por exemplo, grupo étnico, cor dos olhos, cabelos e pele, cada tipo com sua capacidade de bronzeamento.

Quadro 1 – Tipos de pele e algumas de suas características.

Tipo de Pele	Imagem	Grupo étnico	Cor do cabelo	Cor dos olhos	Cor da pele	Capacidade de bronzeamento
Tipo 1		Albinos, ruivos	Ruivo, loiro	Azuis, cinza, verdes	Branca muito pálida, branca pálida com sardas.	Queima muito facilmente, nunca bronzeia.
Tipo 2		Pessoas de origem do norte da Europa, como escandinavos ou celtas.	Loiro, ruivo, castanho claro.	Azuis, cinza, verdes, castanhos.	Branca pálida	Queima facilmente, raramente bronzeia.
Tipo 3		Pessoas de origem mediterrânica e do Médio Oriente.	Castanho, loiro escuro.	Castanhos, azuis, cinza, verdes, castanhos.	Branca, morena clara.	Às vezes queima, bronzeia gradualmente.
Tipo 4		Pessoas de origem do Leste Asiático, como chineses, japoneses e alguns indianos e paquistaneses.	Castanho, castanho médio, castanho escuro.	Avelã, castanho	Marrom médio, marrom escuro.	Quase nunca queima, bronzeia muito facilmente.
Tipo 5		Pessoas de origem africana, asiáticos do sudeste e alguns indianos, paquistaneses e latinos.	Castanho escuro	Castanhos	Marrom escuro	Queima raramente, bronzeia facilmente e escurece rapidamente.
Tipo 6		Pessoas de pele negra azulada de origem africana, aborígenes e asiáticos de pele escura, como os tâmeis.	Preto	Castanhos	Preta	Nunca queima, bronzeia, muito escuro.

Fonte: Adaptado de Zielinska-Dabkowska (2014, p.44)

Conforme a autora (2014) cada tipo de pele apresenta uma variação na quantidade de sua pigmentação. Enquanto as peles do tipo 1 (albinos e ruivos) tem pouquíssima pigmentação, as do tipo 6 (pretos, africanos, aborígenes) possuem muita pigmentação. Assim, de um lado, quanto menos pigmentada for a pele maior é a propensão de queimadura solar, maior o risco de câncer de pele e maior a capacidade de produção de vitamina D. Por outro lado, quanto mais pigmentada for a pele, menor é o risco de câncer de pele e menor a capacidade de produção da vitamina D. Assim, peles do tipo 6 precisam de 3 vezes mais tempo de exposição solar UVB se comparado a indivíduos de pele tipo 1.

De acordo com as recomendações de Holick (2011), considerando uma pessoa adulta de pele branca, em exposição solar de shorts e de camiseta, com os braços e as pernas descobertos (equivalendo a 25% da superfície corporal), para que haja a produção da vitamina D necessária (com níveis acima de 30ng/mL) seria suficiente uma exposição solar de 5 a 15 minutos, entre as 9h e 15 h, três vezes por semana.

Silva e Ourique (2023) desenvolveram um modelo virtual (7 – modelo meio-dia solar) que pode auxiliar na correta exposição solar, controlada, considerando cada tipo distinto de pele, está disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>.

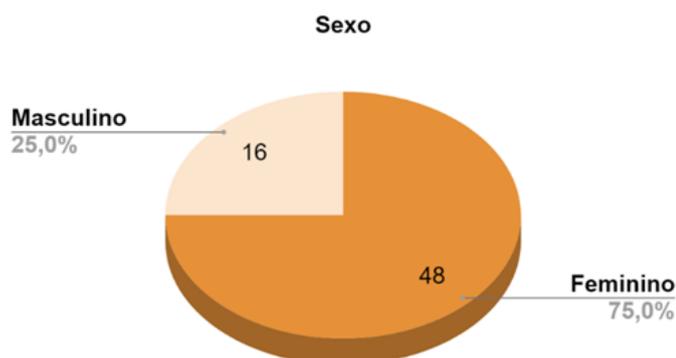
METODOLOGIA

O questionário foi desenvolvido via *Google formulários* contendo 14 perguntas fechadas, onde buscamos identificar algumas concepções prévias a respeito da exposição solar (banho de sol) e sua correlação com o nível sérico de vitamina D, oportunizando-nos um levantamento de dados estatísticos que depois de tratados permitiu-nos fazer inferências em saúde e qualidade de vida dos pós-graduandos. Os dados desta pesquisa foram analisados utilizando diversas ferramentas e gráficos estatísticos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

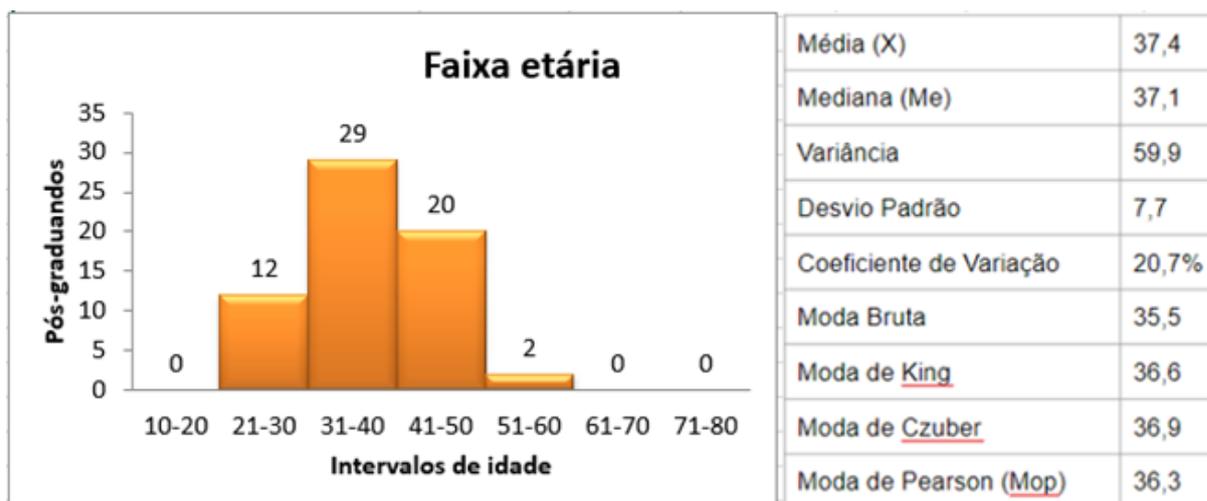
DADOS ESTATÍSTICOS E ALGUNS RESULTADOS E DISCUSSÕES

a) Dos 63 participantes desta pesquisa, foi observado um predomínio de mulheres, representando 75% do total, enquanto os homens representaram 25% (gráfico 1). A média de idade dos participantes foi de aproximadamente 37 anos (gráfico 2), e a renda média salarial foi de 3,5 salários mínimos (gráfico 3).



Fonte: Autores, 2023.

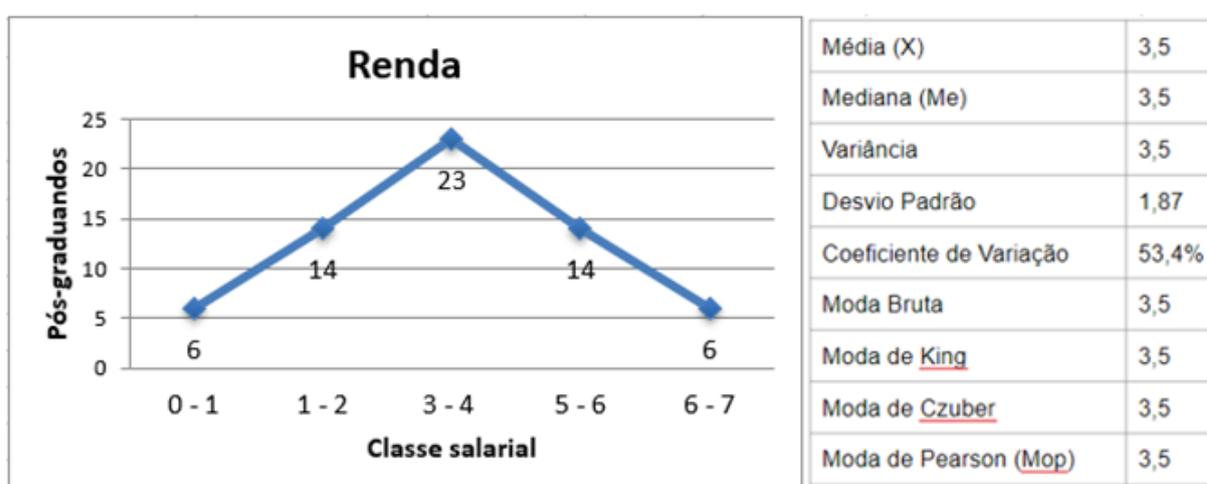
Gráfico 1 – Gráfico de pizza: representação do percentual do sexo dos participantes da pesquisa.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 2 – Gráfico de colunas que apresenta informações sobre a faixa etária dos participantes da pesquisa, juntamente com algumas medidas de dispersão e tendência central.

Com base no gráfico de colunas podemos observar uma maior concentração de participantes na faixa etária de 31 a 40 anos. A média de idade em torno de 37 anos. Além disso, a partir das medidas de dispersão e tendência central, podemos inferir que a distribuição dos dados é assimétrica para a direita. Isso ocorre porque a moda (Mop) é menor do que a mediana (Me) e ambas são menores do que a média (X), indicando uma maior concentração dos valores menores de idade: $36,3 < 37,1 < 37,4$.

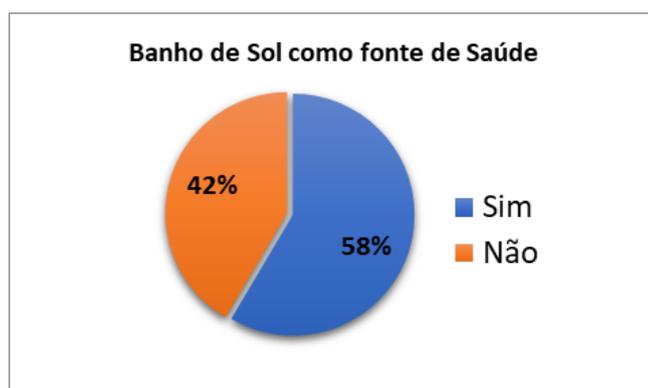


Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 3 – Gráfico de linha apresentando informações sobre a renda dos participantes da pesquisa, juntamente com algumas medidas de dispersão e tendência central.

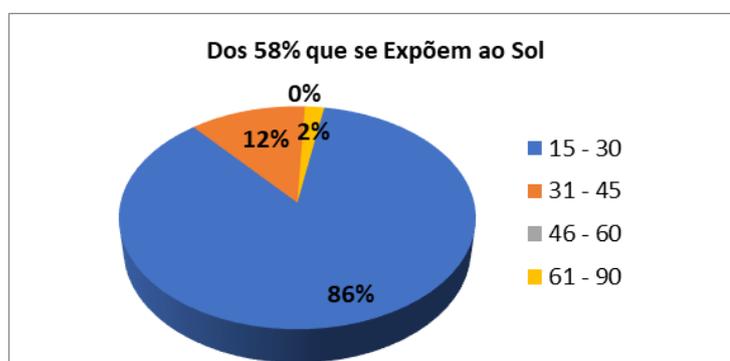
Com base no gráfico de linha e nas medidas de dispersão e tendência central, podemos observar um ganho médio de 3,5 salários mínimos entre os participantes da pesquisa. Além disso, podemos inferir que a distribuição dos dados é simétrica. Isso ocorre porque a moda (Mop), mediana (Me) e média (X) têm o mesmo valor, indicando uma maior concentração dos valores centrais de renda: $3,5 = 3,5 = 3,5$.

b) Identificamos que pouco mais da metade dos estudantes (58%) considera importante utilizar a exposição solar como fonte de saúde e qualidade de vida (gráfico 4). Dentre esses participantes, 86% costumam se expor ao sol por 15 a 30 minutos por dia, enquanto 12% se expõem de 31 a 45 minutos. Nenhum participante se expõe de 45 a 60 minutos, e apenas 2% se expõem de 61 a 90 minutos diários (gráfico 5). Nota-se, que a média de tempo de exposição solar fica em torno de 20,2 minutos (gráfico 6).



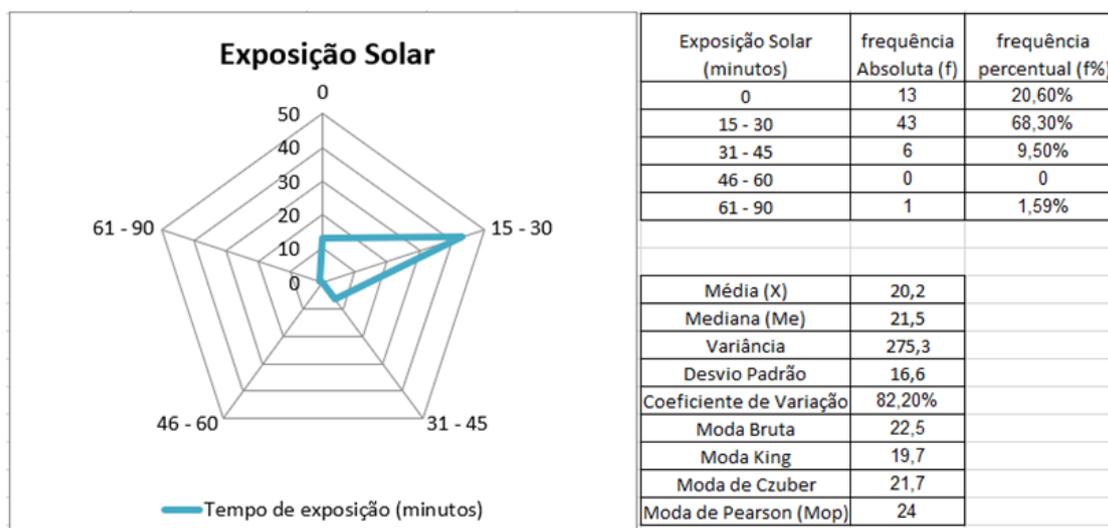
Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 4 – Gráfico de pizza representando o percentual de estudantes que consideram importante utilizar a exposição solar como fonte de saúde e qualidade de vida.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 5 – Gráfico de pizza representando o percentual de estudantes que utilizam o Sol como fonte de saúde e qualidade de vida, considerando o tempo de exposição (em minutos) aos raios solares.

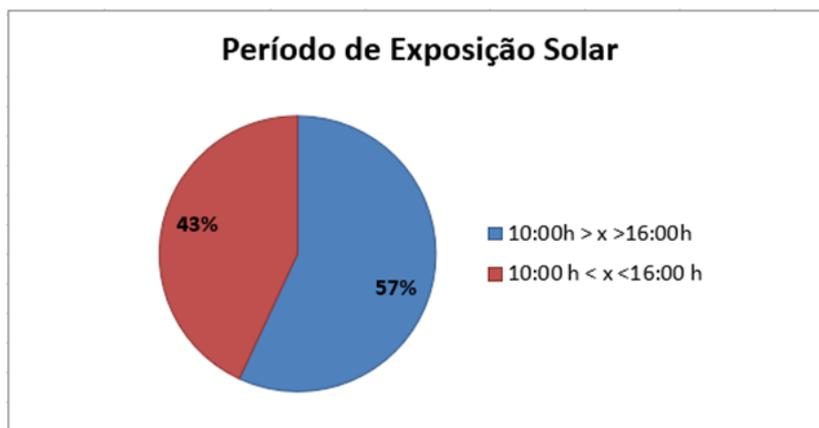


Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 6 – Gráfico polar que apresenta as medidas de dispersão e tendência central para o tempo de exposição solar dos estudantes.

Com base no gráfico polar, podemos observar que a maioria dos estudantes que se expõe ao sol utiliza um intervalo entre 15 a 30 minutos. Além disso, ao analisar as medidas de dispersão e tendência central, podemos inferir que a distribuição dos dados é assimétrica à esquerda. Isso ocorre porque a média (X) é menor que a mediana (Me), e ambas são menores que a moda (Mop), indicando uma maior concentração dos valores maiores de tempo de exposição solar: $20,2 < 21,5 < 24$.

c) Identificamos que mais da metade dos estudantes (57%) costuma se expor ao sol em um período inadequado, que compreende a manhã até às 10 h e somente no período da tarde, após às 16 h. Nesse período, há menor incidência da radiação UVB e, conseqüentemente, uma menor produção de vitamina D. Apenas 43% dos estudantes se expõem em um período adequado, entre as 10 h e as 16 h, quando há maior incidência dos raios UVB (gráfico 7). Esses dados indicam a necessidade de conscientização sobre os horários mais adequados para a exposição solar, visando uma maior produção de vitamina D e potenciais benefícios à saúde.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 7 - Gráfico de pizza que representa o período de exposição solar dos estudantes.

De acordo com Zielinska-Dabkowska (2014), a radiação UVB é a principal responsável por desencadear o processo de produção da vitamina D através do aquecimento da pele. Sabe-se que a maior incidência dessa radiação ocorre nos períodos em que o Sol está mais alto no céu, especialmente entre às 10h e às 14h. É importante ressaltar que o momento ótimo de maior incidência de radiação UVB ocorre ao meio-dia solar. Essa informação reforça a importância de aproveitar os horários entre às 10h e às 14h para a exposição solar adequada, pois é nesse período que há uma maior disponibilidade de radiação UVB, contribuindo para uma maior produção de vitamina D no organismo. Ressaltasse que o protetor solar deve ser sempre utilizado, exceto durante a exposição solar controlada.

Os dermatologistas costumam alertar o público em geral para não se expor entre 11h às 13h a fim de reduzir o risco de câncer de pele e envelhecimento. Isso parece ser outro equívoco. Em primeiro lugar, porque por volta do meio-dia [solar], quando o sol está em seu ponto mais alto, o caminho que os raios UVB têm que viajar para entrar a atmosfera da terra é o mais curto, o que significa que uma pequena exposição à luz solar nesse período pode produzir resultados mais rápidos para obtermos mais vitamina D. (ZIELINSKA-DABKOWSKA, 2014, p. 45).

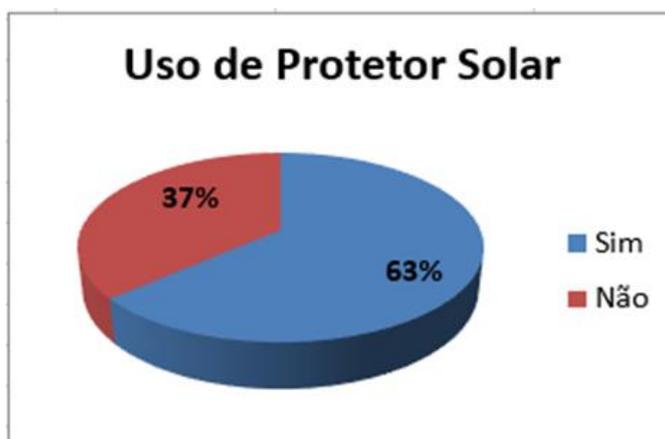
Segundo Da Silva e colaboradores (2020, p. 9252) “Em relação à síntese cutânea, durante a primavera, outono e verão, 10 a 15 minutos de exposição solar, entre 10 e 15 horas, é suficiente para a síntese da vitamina D em indivíduos de pele clara.” Além disso, conforme sugerem (2020, p. 9252) a partir dos dados da pesquisa de Tangpricha e colaboradores (2004), “para se atingir valores adequados de vitamina D, é preciso que haja a exposição solar com duração média de 15

minutos por dia no momento da emissão de raios UVB”. Isso indica a importância de buscar a exposição solar adequada, considerando não apenas a duração, mas também o horário em que ocorre, para otimizar a produção de vitamina D no organismo. É válido ressaltar que é sempre importante seguir as orientações médicas e considerar fatores individuais, como a sensibilidade da pele ao sol, para garantir uma exposição segura e saudável.

A pesquisa de Hollick (2011) também compartilha do mesmo pensamento, conforme mencionado por Da Silva et al. (2020, p. 9252): “demonstrou que a principal fonte de vitamina D é a exposição solar, especialmente de 20 a 30 minutos, três vezes por semana, entre 10 e 15 horas, o que equivale à ingestão de 10.000 a 25.000 UI de vitamina D por dia.”

d) Com base nos dados analisados, concluímos que pouco mais da metade dos estudantes (63%) faz uso de fotoprotetores, enquanto (37%) não costumam utilizar (gráfico 8). Essa informação é relevante, pois indica que uma parcela considerável dos estudantes está consciente da importância da proteção solar e adota medidas para se proteger dos raios UV prejudiciais.

No entanto, é necessário conscientizar e educar os estudantes sobre a importância do uso regular de fotoprotetores para prevenir danos à pele causados pela exposição excessiva ao sol. Promover a conscientização sobre os riscos associados à exposição inadequada e incentivar a adoção de medidas de proteção solar é fundamental para preservar a saúde da pele a longo prazo.



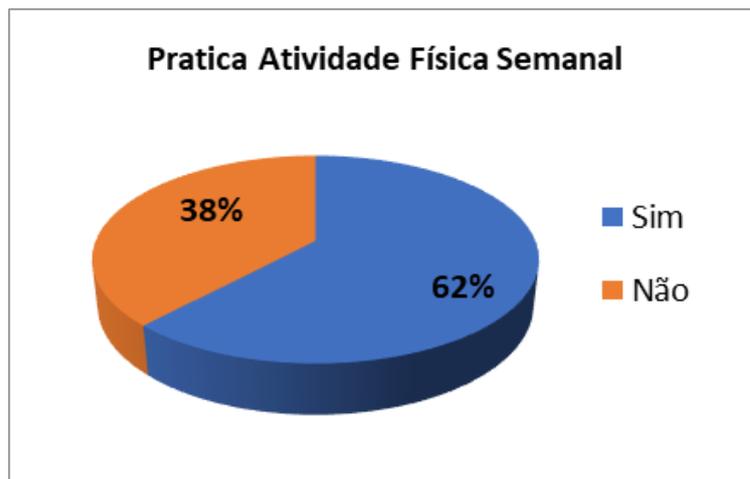
Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 8 - Gráfico de pizza representando o percentual de estudantes que faz uso do protetor solar.

De acordo com diversas pesquisas, como as de Silva (2008), Kiguti et al. (2009), Santos (2010), Bertoldi (2012) e Lopes et al. (2012), a exposição solar acumulada ao longo da vida, quando descuidada e excessiva, está associada ao envelhecimento precoce da pele e ao aumento do risco de desenvolvimento de diversos tipos de cânceres de pele. Essas pesquisas reforçam a importância da proteção solar adequada como medida de prevenção contra danos à pele e problemas de saúde relacionados à exposição solar excessiva. É essencial conscientizar sobre os riscos e promover práticas saudáveis de proteção solar para preservar a saúde da pele a longo prazo.

Por outro lado, a hipovitaminose D também está associada ao desenvolvimento de diversas doenças como, por exemplo: raquitismo, doença de Crohn, fibrose cística (ZIELINSKA-DABKOWSKA, 2014); doenças cardiovasculares, diabetes melittus, hipertensão arterial, obesidade, doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca (JORGE et al., 2018); está associada também à esclerose múltipla, artrite reumatoide, esquizofrenia, depressão, tuberculose (HOLICK, 2008b). Também ainda tem sido associada ao câncer de cólon, próstata, ovário e mama (HOLICK, 2008a) entre outras. Essas pesquisas destacam a importância da vitamina D para a prevenção de uma ampla gama de doenças e reforçam a necessidade de garantir níveis adequados dessa vitamina no organismo.

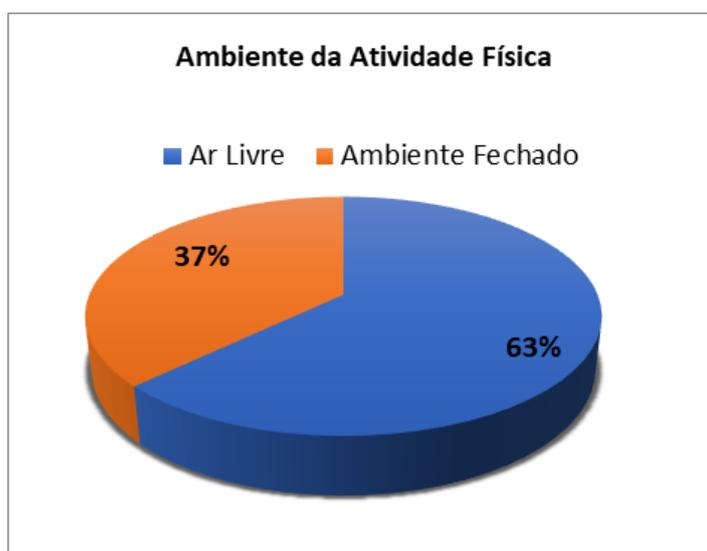
e) Conforme os resultados obtidos, constatamos que a maioria dos estudantes (62%) pratica atividade física, enquanto uma parcela menor (38%) é considerada sedentária (gráfico 9). A prática regular de atividade física é fundamental para manter a saúde e o bem-estar geral do indivíduo, contribuindo para a prevenção de diversas doenças, o fortalecimento do sistema imunológico e a melhoria da qualidade de vida. Por outro lado, o sedentarismo pode estar associado a um maior risco de desenvolvimento de doenças crônicas, como diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e outras condições relacionadas à inatividade física. Portanto, é importante incentivar e promover a prática regular de atividade física entre os estudantes, visando a manutenção de uma vida saudável.



Fonte: Autores, 2023.

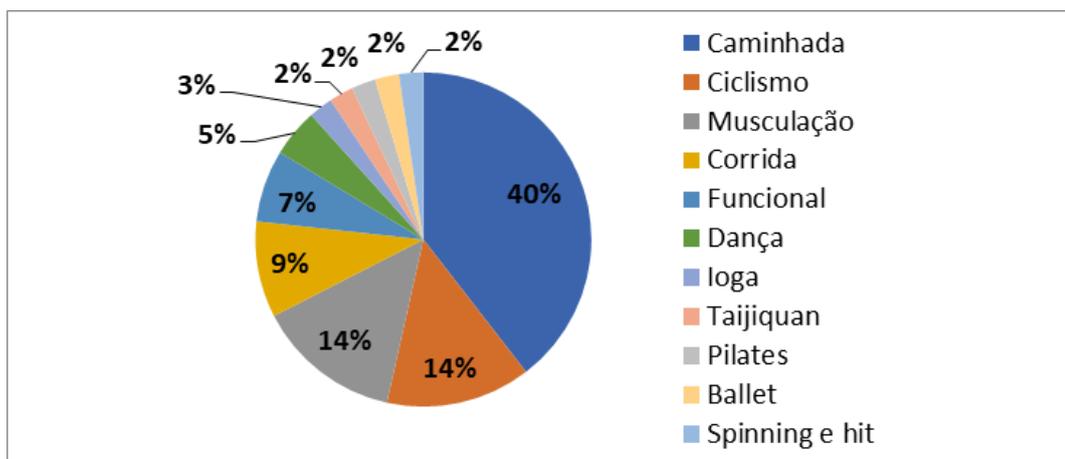
Gráfico 9 - Gráfico de pizza representando o percentual de estudantes que pratica atividade física semanal.

f) Dos 62% que praticam atividade física, 63% praticam ao ar livre e 37% em ambientes fechados (gráfico 10). A maioria dos estudantes que pratica atividade física em ambientes abertos faz caminhada (40%) (gráfico 11) isso equivale a um total de 17 estudantes (gráfico 12). Esses resultados mostram uma preferência maior pela prática de exercícios ao ar livre, indicando que os estudantes têm interesse em aproveitar espaços abertos para suas atividades físicas.



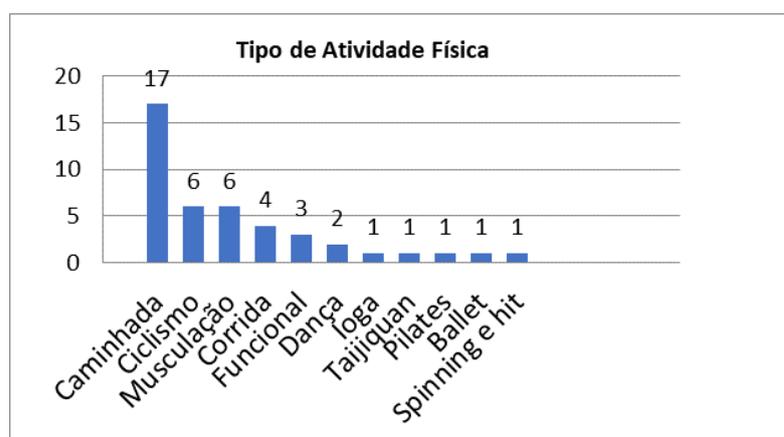
Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 10 - Gráfico de pizza: dos 62% dos estudantes que praticam atividade física, 63% preferem realizar suas atividades ao ar livre, enquanto os outros 37% optam por ambientes fechados.



Fonte: Autores, 2023.

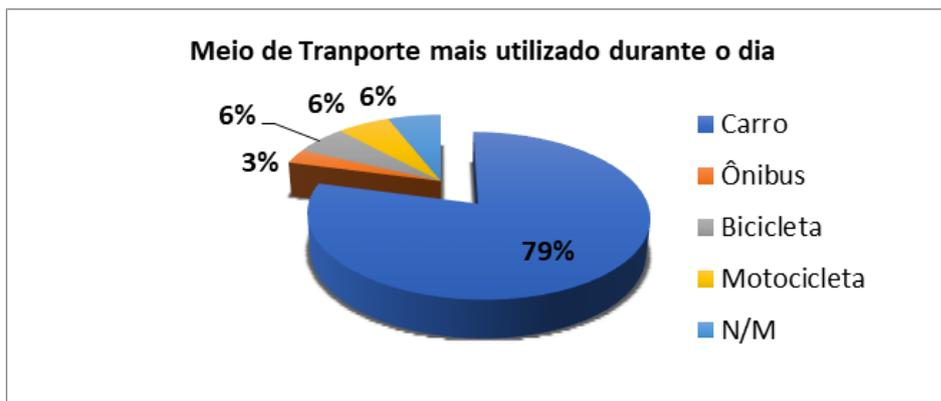
Gráfico 11 - Gráfico de pizza: representação do percentual por tipo de atividade física.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 12 - Gráfico de colunas representando o quantitativo por tipo de atividade física.

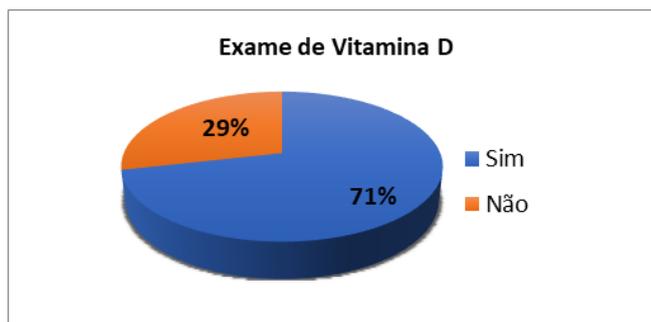
g) Dos participantes desta pesquisa, constatamos que a maioria esmagadora, representando 79% do total, utiliza o carro como meio de transporte diário. Apenas 6% optam por bicicleta ou motocicleta e 3% ônibus como seu meio de locomoção, enquanto 6% dos participantes não utilizam nenhum desses meios específicos de transporte (gráfico 13).



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 13 - Gráfico de pizza: representação do percentual por meio de transporte utilizado.

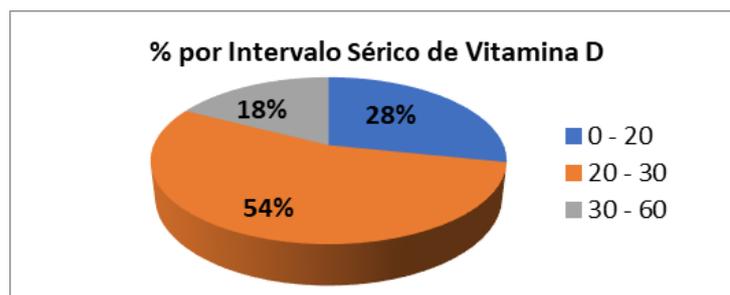
h) Verificamos que (71%) já fez exame de vitamina D. Isso indica que uma parcela significativa dos estudantes está preocupada com a sua saúde e busca informações sobre seus níveis de vitamina D (gráfico14).



Fonte: Autores, 2023.

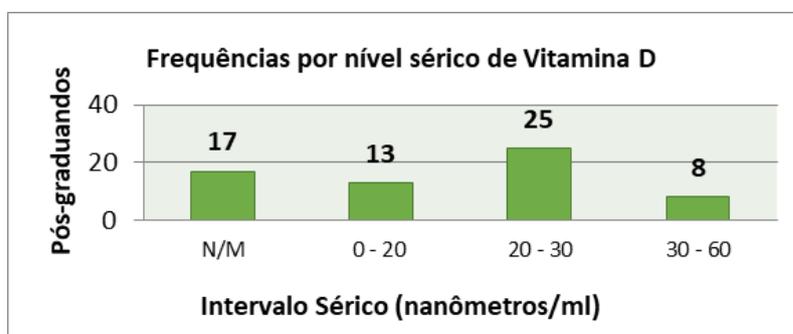
Gráfico 14 - Gráfico de pizza representando o percentual dos estudantes que já fez exame de vitamina D.

i) A distribuição dos resultados indica que 54% dos estudantes estão no intervalo sérico de 20-30 ng/mL, enquanto 18% no intervalo de 30-60 ng/mL e 28% no intervalo de 0-20 ng/mL (gráfico 15). Esse percentual indica que a maioria dos estudantes apresenta índices de vitamina D abaixo de 30 ng/mL. (gráfico 16).



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 15 - Gráfico de pizza representando o percentual de estudantes que já fizeram exame de vitamina D e seus respectivos intervalos séricos.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 16 - Gráfico de colunas representando a frequência por intervalo sérico de vitamina D.

De acordo com Da Silva e colaboradores (2020, p. 9243), o nível sérico de Vitamina D recomendado pela Sociedade Brasileira de Endocrinologia é de: 0-10 ng/mL = muito baixo; 10-20 ng/mL = baixo; 20-30 ng/mL = normal.

Segundo ainda esses pesquisadores, quando o nível é muito baixo (0 - 10 ng/mL) há risco de osteomalácia e raquitismo. Quando o nível é baixo existe risco de perda de massa óssea, fraturas e osteoporose. Quando é muito alto, acima de 100 ng/mL há risco de hipercalcemia e intoxicação.

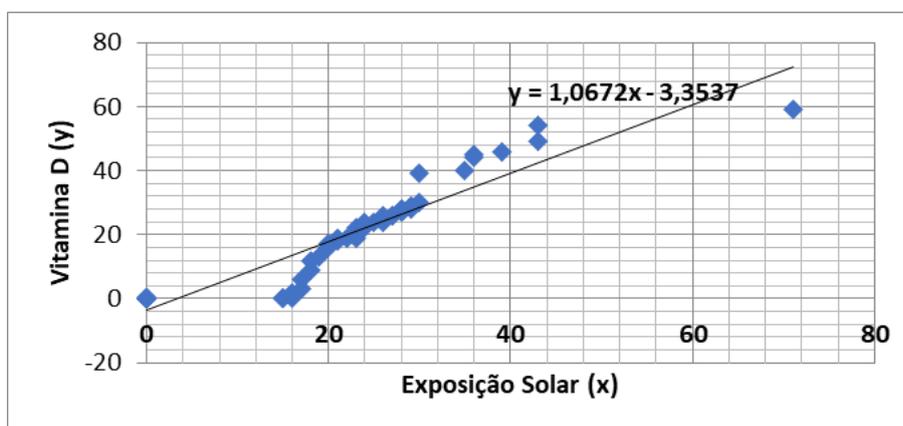
Porém, de acordo com Jorge e colaboradores (2018, p. 424-5), o nível recomendado pela “diretriz americana para avaliação, prevenção e tratamento da deficiência da vitamina D” o indicado é: < 20 ng/mL = deficiente; 20-30 ng/mL = insuficiente; >30 ng/mL = suficiente.

j) A distribuição dos resultados indica que 54% dos estudantes estão no intervalo sérico de 20-30 ng/mL, enquanto 18% no intervalo de 30-60 ng/mL e 28% no intervalo de 0-20 ng/mL (gráfico 15). Esse percentual indica que a maioria dos estudantes apresenta índices de vitamina D abaixo de 30 ng/mL. (gráfico 16).

OUTROS TESTES ESTATÍSTICOS

a) Correlação Linear (**r**) e Regressão Linear (**y = bx+a**) entre variáveis (**x e y**)

Perguntamo-nos: existe uma correlação entre o tempo de exposição solar (minutos) e o nível sérico de vitamina D (ng/mL) dos estudantes?



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 17 – Diagrama de dispersão

Conforme podemos observar, com um coeficiente de Pearson ($r = 0,9$) é um valor muito próximo de 1, isso indica que há uma tendência linear ou uma correlação linear positiva forte entre o tempo de exposição solar (x) e a vitamina D (y) dos Pós-Graduandos (figura 17). Visto que o r é positivo, então há uma relação de proporção direta entre os elementos na distribuição (x e y). Isto é, na medida em que aumenta a exposição solar (x) aumenta também a quantidade de vitamina D (y) dos Pós-Graduandos.

Quadro 2 – Dados do modelo de regressão linear

Coefficiente de Pearson (r)	r = 0,9031
Coefficiente Angular (B)	B = 1,0672
Intercepto (A)	A = -3,3537
Modelo de Previsão y = 1,0672x - 3,3537	

Fonte: Autores, 2023.

b) Teste de hipóteses: Teste de afirmação sobre uma Proporção: Estatística do Teste (Z)

Um estudo realizado na Unipampa afirma que 1/2 dos estudantes de Pós-Graduação em Educação em Ciências “não utilizam a exposição solar como fonte de saúde e qualidade de vida”. A afirmação é dada a partir de uma pesquisa amostral com 63 estudantes, onde 38 manifestaram utilizar o Sol como fonte de Saúde e Qualidade de Vida e 27 disseram não utilizar. Com um nível de significância de 5% há evidências suficientes para apoiar essa declaração? Vejamos:

1. $H_0: p = 0,5$ (hip. nula/ contém a afirmação original)

$H_1: p \neq 0,5$ (hip. alternativa)

2. Nível de significância de $\alpha = 0,05$ (Confiança = 95%)

3. $P^{\wedge} = 27/63 = 0,428571$ (proporção amostral)

4. A exigência $n.p \geq 5$ e $n.q \geq 5$ são ambas satisfeitas:

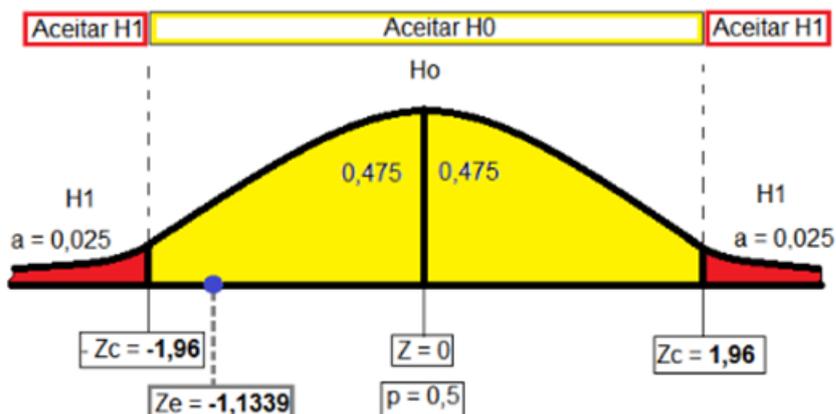
$n = 63$; $p = 0,5$ e $q = (1-p) = 0,5$

5. Teste (Z) = $p^{\wedge} - p / \sqrt{pq/n} \Rightarrow z = 0,428571 - 0,5 / \sqrt{0,5*0,5/63} \Rightarrow Z_e = -0,071429 / 0,062994 = Z_e -1,1339$

6. Na tabela (Z) o % de (0,475) equivale a um $Z_c = 1,96$

7. A Estatística de Teste (Z) está fora da região crítica, logo aceitamos H_0 .

8. Logo, há evidências suficientes para apoiar a declaração dos pesquisadores, isto é, de que metade dos estudantes do PPGECQVS “não utilizam a exposição solar como fonte de saúde e qualidade de vida”.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 18 – Teste de hipótese para afirmação $p = 0,5$

c) Teste de hipóteses: Teste de uma afirmação sobre uma Média: Estatística do Teste (Z)

Em uma pesquisa amostral com 63 estudantes do PPGECQVS /UNIPAMPA observou-se uma média de exposição solar diária de 20,2 minutos e desvio padrão de 16,6 minutos. Ao nível de significância de 5% (95% confiança) é possível afirmar que a média diária de exposição solar dos estudantes do PPGECQVS não ultrapassa os 30 minutos?

1. $H_0: \mu \geq 30$ min (hip. nula)

$H_1: \mu < 30$ minutos (hip. alternativa/ contém a afirmação original)

2. Nível de significância de $\alpha = 0,05$ (Confiança = 95%)

3. $\bar{X} = 20,2$ min. (Média amostral)

$\mu_0 = 30$ min. (Média populacional)

$$n = 63$$

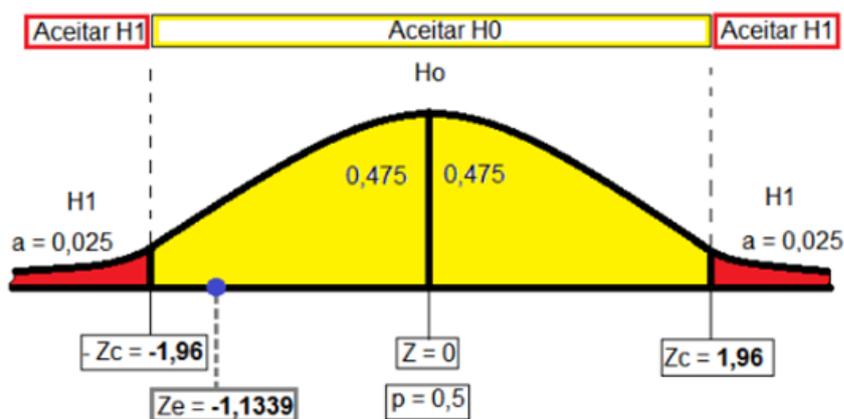
S = 16,6 (Desvio padrão amostral)

$$4. \text{ Teste } (Z) = (X - \mu_0) \sqrt{n/s} \Rightarrow Z = (20,2 - 30) \sqrt{63/16,6} \Rightarrow t = - 9,8(7,94) / 16,6 = Z_e = -4,6858$$

5. Na tabela (Z) o % de (0,500) equivale a um $Z_c = -3,90$

6. A Estatística de Teste (Z) está dentro da região crítica, logo devemos aceitar H1 e rejeitar H0.

7. Há evidências suficientes para afirmar que a média diária de exposição solar dos estudantes do PPGECQVS “não ultrapassa os 30 minutos”.



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 19 – Teste de hipótese para afirmação sobre $\mu_0 = 30$ min

CONCLUSÃO

A partir dessa pesquisa concluímos que dos 71% dos estudantes que já realizaram exame de vitamina D, apenas 54% apresentam níveis normais (20-30 ng/mL) considerando a indicação da Sociedade Brasileira de Endocrinologia. Entretanto, se considerarmos a indicação da Sociedade Americana apenas 18% encontram-se com suficiência (> 30 ng/ mL) de vitamina D. Essa discrepância nas recomendações destaca a importância de considerar as diretrizes específicas

adotadas pelas diferentes organizações de saúde ao interpretar os resultados dos níveis séricos de vitamina D. Além disso, ressalta a importância de realizar exames regulares e buscar orientação médica adequada para manter níveis saudáveis desse hormônio essencial para a saúde.

Acreditamos que o baixo nível sérico de vitamina D dos estudantes pode estar relacionado ao menos a 5 fatores:

1) Baixo percentual de estudantes (58%) que utilizam a exposição solar como fonte de saúde: A falta de aproveitamento da exposição solar como uma fonte natural de vitamina D pode estar limitando a síntese dessa vitamina no organismo dos estudantes.

2) Exposição solar em horário inadequado por (57%) dos estudantes: A exposição solar em horários de menor intensidade UVB, como pela manhã e no final da tarde, pode resultar em menor produção de vitamina D devido à menor quantidade de radiação UVB disponível nesses períodos.

3) Uso quase que exclusivo do carro (79%) como meio de transporte diário: O uso predominante do carro como meio de transporte pode limitar a exposição solar regular, já que os estudantes passam a maior parte do tempo dentro de veículos fechados, reduzindo a oportunidade de exposição ao sol.

4) Baixo número de praticantes de atividade física (62%) e destes, cerca de (63%) em ambientes abertos: A falta de atividade física regular e a preferência por ambientes fechados podem limitar a exposição solar e, conseqüentemente, a produção de vitamina D.

5) Uso incorreto do protetor solar (63%): O uso incorreto do protetor solar, como aplicá-lo em quantidades inadequadas ou com alta proteção, pode bloquear a radiação UVB necessária para a síntese de vitamina D.

Esses fatores destacam a importância de conscientização e educação sobre a importância da exposição solar adequada, a prática de atividades físicas ao ar livre e o uso adequado de protetor solar para garantir níveis adequados de vitamina D no organismo.

REFERÊNCIAS

- BERTOLDI, Rafael. **Efeitos da radiação solar na pele e a incorporação de benzofenona-3 em lipossomas**. 2012. Monografia (Bacharelado em Química Industrial) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, São Paulo, 2012.
- DA SILVA, A.D.; MOTA, A. S.; CAVALCANTE, W. A.; FERREIRA, E. A. A. 25-hidroxivitamina D e exposição solar: uma análise epidemiológica entre os estudantes de medicina. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 9239-9258, feb. 2020.
- GARCIA-FRANCO, A. L., NAVARRO, D.F., CORROCHANO, E. C. Vitamina D: el traje nuevo del Rey Sol [Vitamin D: the new suit of the Sun King]. **Atención Primaria**. 2019 Feb;51(2):57-58
- HOLICK, Michael F. Vitamin D: a D-Lightful health perspective Holick (2008a). **Nutrition Reviews®** Vol. 66(Suppl.2):S182–S194.
- HOLICK Michael F., CHEN T. C.; (2008b). Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. **Am. J. Clin. Nutr.** 87:1080S–1086S
- HOLICK MF. Vitamin D: a D-lightful solution for health. In: **Journal of Investigative Medicine**. 2011. p. 872-880.
- JORGE, A. J. L.; CORDEIRO, J. R.; ROSA, M. L. G. D. B. C. Deficiência da Vitamina D e Doenças Cardiovasculares. **International Journal of Cardiovascular Sciences**. 2018;31(4)422-432.
- LOPES, F. M.; CRUZ, R.O., BATISTA, K.A. Radiação ultravioleta e ativos utilizados nas formulações de protetores solares. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**. 16(4):183-199, 2012.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011.
- SANTOS, João Correia dos. **Radiação ultravioleta: Estudo dos índices de radiação, conhecimento e prática de prevenção a exposição na região Ilheus/Itabuna – Bahia**. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Ilhéus, Bahia, 2010.
- SENTELHAS, Paulo C.; ANGELOCCI, Luiz R. **Radiação Solar Balanço de Energia**. ESALQ/USP – 2012.
- SILVA, Abel A. Medidas de Radiação Solar Ultravioleta em Belo Horizonte e Saúde Pública. **Revista Brasileira de Geofísica** (2008) 26(4): 417-425.
- SILVA, Fernando Siqueira da; OURIQUE, Pedro Antônio; DUTRA, Carlos Maximiliano. **Modelos didáticos virtuais usados na pesquisa de doutorado intitulada: Ensino de Astronomia Baseado em Modelos para o Ensino**

Fundamental. Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>. Acesso em: 20 fev. 2024.

REA no Ensino de Astronomia. In: MACHADO, M. M.; DUTRA, C. M.; RUPPENTHAL, R. (Org.). **Grupos de Pesquisa em Ação: Contribuições para o Desenvolvimento da Educação Científica.** Curitiba: Editora CRV, 2022.

SILVA, Fernando Siqueira da; OURIQUE, Pedro Antônio; CATELLI, Francisco; MACHADO, Michel Mansur; DUTRA, Carlos Maximiliano. REA no Ensino de Astronomia. In: MACHADO, M. M.; DUTRA, C. M.; RUPPENTHAL, R. (Org.). **Grupos de Pesquisa em Ação: Contribuições para o Desenvolvimento da Educação Científica.** Curitiba: Editora CRV, 2022.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística.** Tradução: Alfredo Alves de Farias, 7. ed. JC Editora, 1999.

ZIELINSKA-DABKOWSKA. Vitamin D - The truth about Vitamin D and sun exposure demystified. Finding the balance for personal health. Dr. Karolina M. Zielinska-Dabkowska M.Sc. Arch., Dipl. Ing. Arch. (FH), Ph.D., **architectural lighting designer and researcher**, 2014, nº93, p. 40-48.

KIGUTI, V. A. K., SEO, E. S. M., VILELA-JUNIOR, A Radiação Ultravioleta: Uma Avaliação em São Paulo. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente. INTERFACEHS – **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.4, n.1, Seção InterfacEHS 3, abr./ ago 2009.

APÊNDICE G - Ensino de Astronomia Baseado em Modelos
Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>

06/06/2024, 11:36

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS – GeoGebra

GeoGebra

Pesquisar

Entrar no sistema



ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS

Autor: Fernando Siqueira da Silva

Tópico: Experimentos aleatórios

Modelos didáticos virtuais utilizados na Tese de Doutorado de Fernando Siqueira da Silva intitulada ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL apresentada ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências (PPGECI) da Universidade Federal do Pampa, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Maximiliano Dutra.

Autores:

Fernando Siqueira da Silva - <https://www.geogebra.org/u/fermandossilva> - Texto e criação dos modelos e

Pedro Antonio Ourique - <https://www.geogebra.org/u/pedroourique> - Criação dos modelos no GeoGebra.

Fotografia realizada por Fernando Siqueira da Silva retratando o pôr do Sol no dia do Equinócio de Primavera do ano de 2023, no porto do município de São Borja estado do Rio Grande do Sul localizado na fronteira com a Argentina; Latitude: 28,66° Sul; Longitude: 56° Oeste.

<https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>

1/5

06/06/2024, 11:36

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS – GeoGebra

GeoGebra

Pesquisar



Lista de conteúdos

1. Excentricidade das órbitas dos planetas do Sistema Solar

Excentricidade das órbitas dos planetas do Sistema Solar

<https://www.geogebra.org/m/ew87c9af>

2/5

06/06/2024, 11:36

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS – GeoGebra

GeoGebra

Pesquisar

3. Declinação Solar e Latitude

Declinação Solar e Latitude

4. Representação do sistema de coordenadas horizontais

Representação do sistema de coordenadas horizontais

5. Modelo digital para a representação do movimento anual e diário do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica

Modelo digital para a representação do movimento anual e diário do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica

6. Modelo Movimento da Sombra

Modelo Movimento da Sombra

7. Modelo Meio Dia Solar

Modelo Meio Dia Solar

8. Modelo Carta Solar

Modelo Carta Solar

9. Fases da Lua

https://www.geogebra.org/m/ew87c9af

3/5

06/06/2024, 11:36

ENSINO DE ASTRONOMIA BASEADO EM MODELOS – GeoGebra

GeoGebra

Pesquisar

Próximo



Excentricidade das órbitas dos planetas do Sistema S...

Novos Materiais

Demonstração do critério de divisibilidade por 11
portal das letras do alfabeto grego
Demonstração do critério de divisibilidade por 3
trem geométrico
Dança das Funções

Descobrir recursos

Determinar a razão de semelhança de dois polígonos.
Mediatriz de um segmento de recta [AB]
Caída de graves
coxinha

Explorar Tópicos

Volume
Expoente
Circunferência Inscrita
Porcentagens
Cálculo

GeoGebra

Sobre

Parceiros

Help Center

Termos de Serviço

Privacidade

Licença

Calculadora Gráfica

Calculadora

Recursos da Comunidade

Baixe nossos aplicativos aqui:



https://www.geogebra.org/m/ew87c9af

4/5

APÊNDICE H - Buscando o Sul: uma possibilidade de prática educativa em astronomia na escola

	<p><i>X Encuentro Iberoamericano de Colectivos y Redes de educadoras y educadores que investigan desde la escuela y la comunidad para la Emancipación</i></p> <p><i>Argentina, 5 al 10 de agosto 2024</i></p>		
PAIS	Brasil		
TÍTULO DEL TRABAJO	Buscando o Sul: uma possibilidade de prática educativa em astronomia na escola		
FORMATO (marque con una cruz)	Texto escrito	x	Video
SI ES VIDEO, DILIGENCIE ESTE CAMPO	Duración	Año de producción	Idio ma(as)*
LUGAR EN QUE SE DESARROLLA.EL TRABAJO	São Borja, Rio Grande do Sul.		
GRUPO POBLACIONAL CON QUE DESARROLLA EL TRABAJO	Professores de Ciências do Ensino Fundamental		
NOMBRE DE LA RED/COLECTIVO	Página inicial - Encontros Riograndinos sobre Investigação na Escola FURG https://cirandar.furg.br		
BREVE DESCRIPCIÓN DE LA RED/COLECTIVO	<p>Desde o ano de 2000, com os Encontros de Investigação na Escola, promovidos pela Rede RIES no Rio Grande do Sul, temos estudado e nos encontrado para discutirmos nossa sala de aula a partir de relatos de sala de aula. Desde o ano de 2012 fomos incentivados a inventar um processo mais local e continuado intitulado Cirandar: rodas de investigação desde a escola. O projeto objetiva promover a formação acadêmico-profissional, onde o participante, enquanto docente, assume a autoria de sua prática em sala de aula, em diferentes níveis e modalidades de ensino, por meio da escrita, leitura e diálogo.</p>		
AUTORES			
NOMBRES	CÉDULA		
Fernando Siqueira da Silva	992.538.280.72		
Carlos Maximiliano Dutra	630.290.650-49		
Pedro André Pires Machado	832.052.680-91		
Aline Borowski Caetano da Fonseca	964.181.330-72		

Resumo: Trabalhar com temas de Astronomia na escola é uma tarefa bastante desafiante, uma vez que os professores de ciências podem estar reféns dos livros didáticos e, muitas vezes, desamparados em métodos e em materiais didáticos mais contemporâneos para desenvolverem as suas práticas educativas. Assim, através desta carta pedagógica, gostaríamos de apresentar dois métodos distintos, indicados por renomados pesquisadores e educadores em Astronomia, duas maneiras complementares para o ensino-aprendizagem da adequada determinação dos 4 pontos cardeais na escola: o primeiro, o método das sombras iguais (diurno) e o segundo, o método do Cruzeiro do Sul (noturno). Esta prática educativa é um resultado parcial de uma formação continuada desenvolvida com professores de ciências do Ensino Fundamental do município de São Borja/RS/Brasil/ Latitude (Φ)= -28.66° , fazendo parte de um dos objetivos de uma pesquisa de Tese. Esperamos, contribuir com o trabalho escolar dos professores, trazendo métodos e materiais didáticos inovadores para auxiliar nas práticas educativas em astronomia, em especial, quando o assunto for aquele sobre 4 pontos cardeais.

Palavras-Chave: Ensino de Astronomia; Formação continuada com professores; Determinação dos 4 pontos cardeais; Materiais didáticos inovadores; Métodos de ensino-aprendizagem inovadores.

Buscando o Sul: uma possibilidade de prática educativa em astronomia na escola

É com muita alegria que dedicamos esta Carta Pedagógica aos professores de ciências do ensino fundamental, que por norma de lei precisam trabalhar temas de astronomia na escola. Com esta carta temos duas pretensões: a primeira, falar sobre uma prática realizada com professores de ciências do ensino fundamental no município de São Borja/RS/Brasil/Latitude (Φ) = -28.66° ; e a segunda: oferecer materiais didáticos e métodos para os professores de ciências do fundamental desenvolverem suas práticas educativas em astronomia. Neste caso, falaremos sobre a existência de pelo menos dois métodos para a correta determinação dos 4 pontos cardeais. E, melhor ainda, utilizando materiais reciclados e software digital gratuito, que pode ser instalado no celular. Essa prática se insere no âmbito do

ensino que viemos desenvolvendo em astronomia, baseado em modelos para o ensino fundamental e, também, trata-se de um resultado parcial da nossa pesquisa de tese de doutorado.

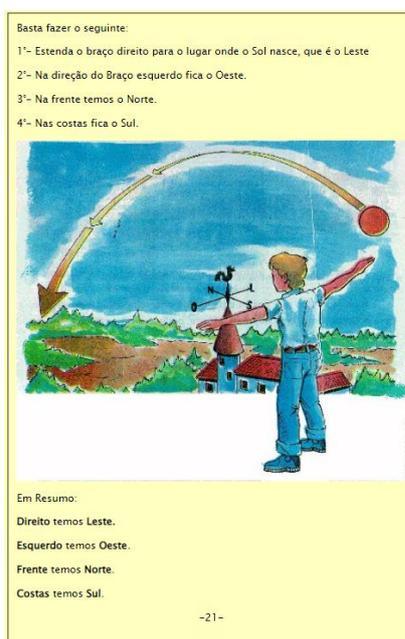
Temos observado no Brasil que, apesar dos esforços dos pesquisadores e educadores em fazer contribuições ao Ensino de Astronomia, em expansão nas duas últimas décadas, “ainda está distante do que a legislação prevê” e, além disso, “as licenciaturas que mais permitem o acesso de seus alunos às disciplinas de Astronomia são as que formam o menor número de professores” (SLOVINSCKI, 2022). Uma ciência que, infelizmente, vem sobrevivendo às margens da educação brasileira. Acreditamos que a astronomia deveria ser uma disciplina obrigatória, assim como matemática e o português, entre outras obrigatórias. Mas esse é outro assunto que não vamos entrar aqui. Conforme já nos apontou o educador em astronomia, Rodolfo Langhi (2004, 2007, 2011), as práticas realizadas na escola ainda são quase que predominantemente realizadas com base no livro didático, a partir de representações planas (2D), figuras e imagens que, infelizmente, dificultam a compreensão dos alunos e dos professores a respeito da estrutura e do funcionamento dos corpos celestes, objetos que, por sua vez, estão em terceira dimensão (3D). Soma-se a isso, os erros conceituais presentes nesses materiais de ensino, que mesmo após terem passado por avaliação dos órgãos oficiais, são inseridos na escola e, em alguns casos, parecem contribuir para a manutenção de falsas crenças entre os estudantes. Também, outras problemáticas apontadas por Langhi (2007), são aquelas relacionadas à insegurança dos professores em ensinar conteúdos de astronomia, já que esses objetos do saber a ensinar sequer foram objetos de estudo em suas formações iniciais; soma-se a isso a carência de capacitações na formação inicial e continuada desses profissionais.

A fim de superarmos algumas dessas problemáticas, principalmente no que diz respeito as insuficiências dos livros didáticos (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018) fomos em busca de métodos e materiais educativos inovadores, como é o caso de modelos didáticos, quer dizer, desses artefatos do conhecimento que nos permitem conhecer algo sobre os fenômenos. Nesse sentido, uma de nossas práticas na pesquisa de tese diz respeito a ensino-aprendizagem da localização dos 4 pontos cardeais, um tema que segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) deve ser objeto de ensino das ciências naturais no 4º ano do Ensino Fundamental. Um tema que a muito tempo vem sendo mal compreendido

pelos alunos e também pelos professores, principalmente pela forma que vem sendo explorados na escola, quase que predominantemente através dos livros didáticos (muitas vezes os únicos materiais disponíveis na escola para os professores prepararem o seu saber ensinado de astronomia).

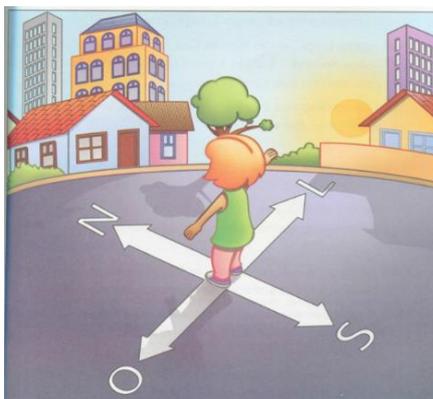
Iniciamos juntos a nossa análise. Conforme podemos observar nas imagens retiradas de dois livros didáticos de ciências e geografia, abaixo elencados, notamos a semelhança que há entre elas. Uma retirada de um livro didático do ano de 1983 (figura 1) e, outra, mais moderna, de um livro didático de 2011 (figura 2). Chamamos em especial uma atenção para este último livro, de 2011, que foi o material de ensino utilizado em uma escola estadual 20 anos mais tarde, no ano de 2021, em aulas de ciências sobre os pontos cardeais com turmas do 4º ano Ensino Fundamental. Notamos que, mesmo que se tenha passado quase 3 décadas entre as duas edições, em ambas, uma mesma imagem é utilizada para representação da localização dos 4 pontos cardeais.

Figura 1 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol



Fonte: Imagem de Paula e Oliveira (2002, *online*), retirada de um livro de ciências do ano de 1983, destinado à 2.ª série do Fundamental.

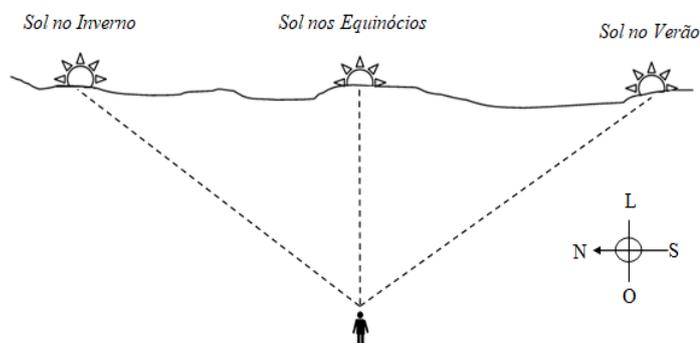
Figura 2 - Determinação dos pontos cardeais e do nascimento e ocaso do Sol



Fonte: Imagem obtida do livro didático de Vesentini, J. William; Dora Martins; Marlene Pécora. *Ápis: Geografia - 3.º ano*. São Paulo: Ática, 2011. Fonte do autor.

Mas, se perguntará o leitor: onde está o problema nessas imagens? Aparentemente não se vê problema algum, pois de fato uma técnica didática bastante utilizada para localizar os pontos cardeais é visualizar a posição do Sol nascente junto ao horizonte. Assim, conforme podemos observar na representação, uma pessoa estendendo o braço direito em direção ao Sol nascente, apontando em direção do ponto cardinal Leste e, do lado oposto, apontando o braço esquerdo para o ponto cardinal oeste; na sua face, o ponto cardinal norte e às suas costas, o ponto cardinal sul. Desse modo, aprendemos (e também aprendi) na escola que o Sol nasce sempre no ponto cardinal Leste e tem seu pôr/ocaso sempre no ponto cardinal oeste. Até aí tudo bem. Mas, precisamos ter um pouco de cuidado com essa afirmação, pois, apesar do Sol nascer na direção Leste, ele só nasce no ponto cardinal Leste, apenas em dois dias específicos do ano, nos equinócios de outono e primavera. Nos outros 363 dias do ano o Sol muda a posição do seu nascimento, dia após dia, lenta e gradualmente ele vai se afastando do ponto cardinal Leste, conforme podemos observar na figura 3.

Figura 3 - Representação do nascimento do Sol nos equinócios e solstícios para um observador posicionado de frente para o ponto cardinal Leste (sol nos equinócios).



Conforme a figura 3 podemos observar um desenho fazendo a representação do Sol nascente nos equinócios de outono (~21 de março) e primavera (~21 de setembro) e nos solstícios de inverno (~21 de junho) e de verão (~21 de dezembro) para o Hemisfério Sul, no decorrer de um ano, considerando um observador ao visualizar uma mesma região do horizonte. Na entrada do verão, o Sol nasce mais ao sul do leste e, na entrada do inverno, mais ao norte do leste. A cada dia que passa o Sol vai se deslocando, lento e gradualmente, indo de um extremo a outro, passando pelo ponto cardinal Leste, demarcando assim o início de cada estação do ano. Podemos considerar o mesmo para o Hemisfério Norte, porém, para isso, seria necessário inverter a posição N-S da legenda. Adaptado do modelo de Hogben (1970, p. 58).

Em nossa investigação percebemos que a maioria dos professores participantes de nossa formação continuada haviam aprendido que o Sol nascia sempre no ponto cardinal Leste e se punha no ponto cardinal oeste. Pegamos o exemplo do relato de Mary, para ilustrar:

Peço para os alunos levantarem e estenderem o braço direito para o leste, o braço esquerdo para oeste, na sua frente, o norte e nas costas o sul. Então esses são os pontos cardinais que nos orientam. Livros didáticos (leituras); resumos desses conteúdos; Material lúdico; Brincadeiras com os alunos.

Notamos que esta é uma forma de ensino que está bastante ligada ao que aprenderam (aprendi) com seus antigos professores, os quais, por sua vez, também tomaram como base as representações “insuficientes” dos livros didáticos.

Após a realização dessa discussão e do debate com os professores em torno das imagens das figuras 1 e 2, retiradas dos livros didáticos de ciências, saímos da sala de aula e fomos para o pátio da escola para realizarmos a prática da determinação dos pontos cardeais. A primeira prática que realizamos foi no período diurno usando o método das sombras iguais, com auxílio de um gnômon e a segunda prática foi no período noturno usando o método do Cruzeiro do Sul, com auxílio de uma lanterna a laser verde.

O gnômon é talvez um dos instrumentos mais antigos utilizado em astronomia, ele nada mais é do que uma estaca vertical fincada ao solo de onde se observa a projeção e a movimentação da sombra solar ao longo do dia. Um passo-a-passo para o método das sombras iguais é seguinte: 1) Fixemos um gnômon ao solo; 2) Escolhemos uma determinada hora da manhã (ex: 10 horas e 30 minutos) e marquemos a ponta da sombra do gnômon (primeira marcação); 3) Construimos um círculo passando pela ponta da sombra projetada; 4) Acompanhemos o movimento da sombra, em uma determinada hora da tarde, quando do momento em que a sombra volta a tocar o círculo anteriormente desenhado. Marquemos então outro ponto (segunda marcação). 5) Agora basta determinarmos a bissetriz do ângulo formado entre a marcação da sombra da manhã e, da tarde e assim demarcarmos a linha norte-sul geográfica. 6) Tracemos, por fim, uma linha perpendicular (90°) à linha norte-sul e tracemos a linha Leste-Oeste em seguida.

Atividade diurna realizada no campo de futebol da escola para aplicação do método das sombras iguais.

A seguir, dedicamos aos professores de ciências do Ensino Fundamental, algumas fotografias do encontro da formação continuada com professores e um passo-a-passo de como realizar essa prática educativa na escola. Os materiais que usamos foram: 1 cabo de vassoura; 1 martelo; 1 rolo de barbante; 4 fixadores de metal e 1 lata de spray branco para marcação.

1. Fotografia dos professores durante a atividade de fixação de um gnômon (cabo de vassoura) ao solo:



2. Fotografia da marcação da sombra da manhã (primeira marcação) e 3) da construção de um círculo passando pela ponta da sombra projetada. Fonte: Acervo pessoal.



- 4) Acompanhamento e marcação do movimento da sombra, em uma determinada hora da tarde, no momento em que a sombra volta a tocar o círculo desenhado (segunda marcação) e 5) determinação da bissetriz do ângulo formado entre a marcação da sombra da manhã e da tarde, definindo a linha norte-sul. Fonte: Acervo pessoal.



6) Determinação da linha que é perpendicular (90°) à linha norte-sul, isto é, determinação da linha Leste-Oeste. Fonte: Acervo pessoal.



7) Fotografia da determinação e da marcação dos 4 pontos cardeais (S, N, L, O).

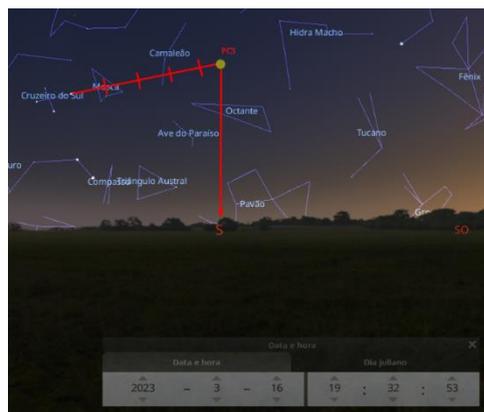


Atividade noturna no campo de futebol da escola para realização do método do Cruzeiro do Sul

Os materiais necessários para esta prática educativa foram os seguintes: 1 caneta laser, 1 Celular com o software *Stellarium* instalado (Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>). O passo-a-passo é o seguinte: 1) Localize a constelação do Cruzeiro do Sul no céu; 2) Visualize o maior segmento de reta ou maior braço que forma o desenho da Cruz, localizado entre as estrelas *Gacrux* e *Acrux*; 3) Sempre na direção do maior braço da Cruz, estime uma medida 4,5 vezes o tamanho do braço maior e localize o Polo Celeste Sul (PCS), o ponto imaginário onde o prolongamento do eixo da Terra cruza a esfera celeste céu. 4) Após encontrar o PCS, desça os olhos em linha reta na direção do horizonte e assim terá encontrado o ponto cardeal sul. 5) Agora localize os outros pontos cardiais, norte, leste e oeste.

Primeiramente, na sala de aula, com o software *stellarium* previamente instalado no celular (baixe-o gratuitamente na *Playstore* do *Google*) o professor deverá demonstrar a circumpolaridade da constelação do Cruzeiro do Sul ao Círculo Polar Sul (PCS), isto é, demonstrar que com o passar do tempo essa constelação faz um movimento aparente na esfera celeste, um movimento circular em torno de um ponto fixo, o PCS.

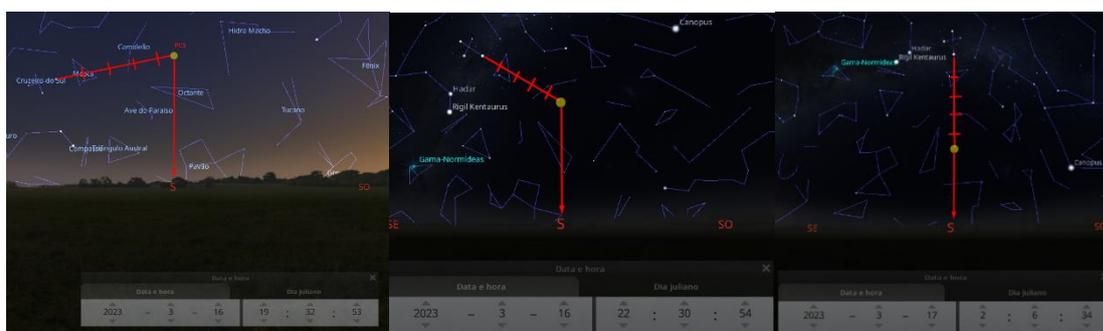
1) Captura de tela do *stellarium* com as marcações para a localização do ponto cardeal sul, conforme o passo-a-passo mencionado acima.



16/03/2023 às 19:32:53

Fonte: Software Stellarium. São Borja–RS. Cruzeiro do Sul. 16/03/2023 às 19:32:53

2) Print do *stellarium* com as marcações do movimento aparente da Constelação do Cruzeiro do Sul em horários distintos:



16/03/2023 às 19:32:53

16/03/2023 às 22:30:54

17/03/2023 às 02:06:34

Fonte: *Software Stellarium*. São Borja–RS. Acompanhamento, observação e marcação da circumpolaridade do Cruzeiro do Sul ao PCS.

Após manipulado o *Stellarium* em sala de aula, os professores foram convidados para a observação noturna da constelação do Cruzeiro do Sul, no mesmo local onde foi feita a marcação diurna com auxílio do gnômon. Foi o momento de colocar em prática o aprendizado em sala de aula. Com auxílio da caneta laser, os professores localizaram a constelação e realizaram o método para localização do ponto cardeal sul. Esse foi um momento muito importante e de bastante aprendizado, pois os professores conseguiram verificar que o método do Cruzeiro do Sul tem relação direta com o método das sombras iguais. Isto é, quando ao localizar o ponto cardeal sul a partir da constelação do Cruzeiro do Sul eles verificaram que a marcação era coincidente com a marcação feita com o gnômon, durante o período diurno. Portanto, verificaram que esses são dois métodos distintos

que produzem o mesmo efeito, ou seja, auxiliam na adequada demarcação e localização dos 4 pontos cardeais.

3) Fotografia da atividade de localização do Cruzeiro do Sul com auxílio do *stellarium* e de uma caneta laser para observação celeste. Fonte: acervo pessoal.



Finalmente, agradecemos de coração a todos os professores de ciências do ensino fundamental que permitiram com que essa formação fosse realizada. Lembro-me das muitas dificuldades para realizarem os encontros, pois, muitos dos participantes, mesmo com liberação da Coordenadoria de Educação e de seus Diretores, não conseguiam deixar a escola, suas turmas, seus alunos, pois, não conseguiam um professor substituto para eles.

Grande abraço, com carinho,

Autores

São Borja, Rio Grande do Sul, Brasil, 23 de setembro de 2023.

Referências:

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília–DF: MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

HOGBEN, L. **Maravilhas da Matemática**: Influência e função da matemática nos conhecimentos humanos. Porto Alegre: Globo, 1970.

LANGHI, Rodolfo. **Um Estudo Exploratório para a Inserção da Astronomia na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental**. Dissertação. (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru. São Paulo, 2004.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, 2007. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/403176>. Acesso em: 21 set 2023.

LANGHI, Rodolfo. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 28, n. 2, p. 373-399, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n2p373>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>. Acesso em: 21 set 2023.

PAULA, A. S. P.; OLIVEIRA, H. J. Q. Análises e propostas para o ensino de Astronomia. **Centro de Divulgação de Astronomia**. São Paulo: USP, 2002. Disponível em: <http://200.144.244.96/cda/producao/sbpc93/index.html#r000>. Acesso em: 5 maio 2023.

SLOVINSCKI, Luciano. **Um diagnóstico da pesquisa em Ensino de Astronomia no Brasil: contribuições para a formação de professores da Educação Básica**. 2022. Doutorado. (Doutorado em Ensino de Física). Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

VESENTINI, José William; MARTINS, Dora; PÉCORRA, Marlene. **Geografia 3º Ano: ÁPIS**. São Paulo: Ática, 2011. PNLD: 2013/2014/2015.