

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FERNANDO ROBERTO JAYME ALVES

**O USO DO PLANETÁRIO DA UFG PARA O ENSINO DAS ESTAÇÕES DO ANO:  
UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE APRENDIZAGEM NA GEOGRAFIA**

Goiânia

2013

FERNANDO ROBERTO JAYME ALVES

**O USO DO PLANETÁRIO DA UFG PARA O ENSINO DAS ESTAÇÕES DO ANO:  
UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE APRENDIZAGEM NA GEOGRAFIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: **Natureza e Produção do Espaço**

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira

Goiânia

2013

Ficha catalográfica elaborada  
automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Alves, Fernando Roberto Jayme

O Uso do Planetário da UFG para o Ensino das Estações do Ano:  
uma investigação sobre aprendizagem na Geografia [manuscrito]/  
Fernando Roberto Jayme Alves. - 2013.  
237 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Estudos Sócioambientais (Iesa), Programa de Pós-Graduação em  
Geografia, Goiânia, 2013.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, tabelas, lista de  
figuras, lista de tabelas.

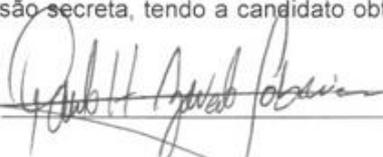
1. Estações do ano. 2. Planetário. 3. Referencial topocêntrico. 4.  
Ensino de Geografia. 5. Avaliação da aprendizagem. I. Sobreira, Dr.  
Paulo Henrique Azevedo, orient. II. Título.

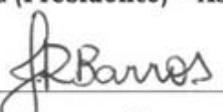


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: NATUREZA E PRODUÇÃO DO ESPAÇO

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE  
Fernando Roberto Jayme Alves**

Aos dezessete dias do mês de dezembro do ano de dois mil e treze (2013), a partir das 09 horas, no Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, teve lugar a sessão de julgamento da Dissertação de Mestrado de Fernando Roberto Jayme Alves, intitulada: "O USO DO PLANETÁRIO DA UFG PARA O ENSINO DAS ESTAÇÕES DO ANO: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE APRENDIZAGEM NA GEOGRAFIA". A Banca Examinadora foi composta, conforme Portaria n.º 137/2013 da Diretoria do IESA, pelos seguintes Professores Doutores: Prof. Dr. **Paulo Henrique Azevedo Sobreira** (presidente), Profa. Dra. **Juliana Ramalho Barros** (membro titular) e Prof. Dr. **Juan Bernardino Marques Barrio** (membro titular). Os examinadores arguíram na ordem citada, tendo o candidato respondido satisfatoriamente. Às 11h30 horas a Banca Examinadora passou a julgamento, em sessão secreta, tendo a candidato obtido os seguintes resultados:

**Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira (Presidente) - Ass.**   
Aprovado (X)    Reprovado ( )

**Profa. Dra. Juliana Ramalho Barro - Ass.**   
Aprovado (X)    Reprovado ( )

**Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio - Ass.**   
Aprovado (X)    Reprovado ( )

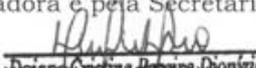
**Resultado final:** Aprovada (X)    Reprovada ( )

**Houve alteração no Título?** Sim ( )    Não (X)

Em caso afirmativo, especifique o novo título: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Outras observações: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Reaberta a Sessão Pública, o(a) Presidente da Banca Examinadora proclamou o resultado e encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e pela Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Secretaria.....   
Daniene Cristina Pereira Dionízio  
Assistente Administrativo IESA/UFG  
SIAPE: 2072165

## **Dedicatória**

A Gonzaga Jayme (*in memoriam*),  
meu avô, pelo exemplo e inspiração  
de tantas ideias e sabedorias  
compartilhadas ao longo de minha vida.

A todos que acreditam na prática docente  
e no poder transformador da educação.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira, pelo profissionalismo acadêmico, incentivo, paciência e confiança ao longo deste trabalho.

Ao amigo e Prof. Ms. Marcos Augusto Marques Ataides, pelas ideias e sugestões que marcaram o início desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio, pelos valiosos diálogos ao longo desses anos e pelas sugestões e críticas no exame de qualificação.

À Profa. Dra. Juliana Ramalho Barros, pelas contribuições no exame de qualificação, sugestões bibliográficas e participação no trabalho empírico da pesquisa.

Aos professores do IESA/UFG que fizeram parte de minha trajetória no mestrado.

Aos colegas de pós-graduação do IESA/UFG pela amizade e companheirismo, em especial ao amigo Robinson Santos Pinheiro, pelas divertidas conversas geográficas.

A todos os alunos do curso de graduação em Geografia do IESA/UFG e da Universidade Estadual de Goiás (UEG) que fizeram parte da pesquisa empírica, contribuindo com a valiosa participação nos questionários aplicados.

Aos funcionários do Planetário da UFG que sempre me acolheram no âmbito deste espaço de pesquisa.

Ao meu pai e minha mãe, pela força, compreensão e apoio familiar.

À Lívia, minha parceira, pelo apoio, carinho e compreensão nas horas difíceis.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos, muito obrigado!

“Mesmo que a rota da minha  
vida me conduza a uma estrela,  
nem por isso fui dispensado de  
percorrer os caminhos do mundo.”

José Saramago

## RESUMO

As estações do ano constituem um tema astronômico de grande relevância para os estudos geográficos. Abordar as estações a partir da superfície terrestre requer a compreensão do movimento anual aparente do Sol na esfera celeste. Trata-se de um assunto amplo que, na maioria das vezes, não é compreendido satisfatoriamente pelos alunos ou até mesmo pelos professores. Vários estudos têm apontado para diversas dificuldades acerca do ensino e da aprendizagem das estações do ano. As causas variam desde a má formação dos professores a respeito dos temas astronômicos até ao elevado nível de abstração que tais conteúdos exigem para serem compreendidos. Por outro lado, os planetários constituem locais privilegiados para a (re)construção do conhecimento, pois reúnem condições adequadas para a prática pedagógica de temas que envolvem os fenômenos celestes. Trata-se de um espaço cuja função é o ensino e a difusão do conhecimento científico interdisciplinar, sendo o astronômico de forma mais evidenciada. Nesta perspectiva, realizou-se um estudo de caso no âmbito do Planetário da UFG cujo objetivo geral é investigar, por intermédio da aprendizagem dos alunos avaliados, se realmente este espaço de ciência é eficaz para o ensino das estações do ano e quais são suas contribuições neste contexto, sejam elas positivas ou não. O Planetário da UFG possui um projetor óptico-mecânico com referencial topocêntrico, isto é, um sistema de referência centrado no local de observação, na superfície terrestre. O trabalho empírico envolveu 56 alunos por meio da aplicação de dois questionários diretamente relacionados a uma aula realizada dentro da cúpula do planetário. Verificou-se que 24 discentes conseguiram alcançar um bom aprendizado na cúpula, 19 obtiveram um aprendizado mediano e 13 tiveram um aprendizado ruim. Embora tenham permanecido várias confusões conceituais, a aula na cúpula proporcionou aos alunos o desenvolvimento de um raciocínio mais descentralizado e reversível das relações espaciais entre o observador e as direções do espaço geográfico, indicadas pelo movimento diário e anual aparente do Sol no céu. Desse modo, pretende-se discutir ao longo deste trabalho a capacidade que o Planetário da UFG tem em contribuir para o aprendizado das estações do ano por meio do referencial topocêntrico, realizando mudanças conceituais a partir das ideias prévias constatadas nos alunos investigados.

**Palavras-chave:** estações do ano; planetário; referencial topocêntrico; ensino de Geografia; avaliação da aprendizagem.

## ABSTRACT

The seasons of the year are an astronomical topic of great relevance to geographical studies. Approach the seasons from the Earth's surface requires understanding of the apparent annual movement of the Sun on the celestial sphere. It is a broad subject that, in most cases, is not satisfactorily understood by students or even by teachers. Several studies have pointed to various problems about the teaching and learning of the seasons. The causes range from poor training of teachers regarding astronomical themes to the high level of abstraction that these contents require in order to be understood. On the other hand, the planetariums constitute prime locations for the (re)construction of knowledge, because they meet appropriate conditions for pedagogical practice of topics involving the celestial phenomena. This is a space whose function is the teaching and dissemination of interdisciplinary scientific knowledge, being the astronomical more evidenced. In this perspective, we conducted a case study within the Planetarium of UFG whose general objective is to investigate, through the learning of students evaluated, if really this space science is effective for teaching the seasons of the year and what are their contributions in this context, whether they are positive or not. The Planetarium of UFG has an optical-mechanical projector with topocentric reference, in other words, a system of reference centered at the place of observation, on the Earth's surface. The empirical work involved 56 students through the application of two questionnaires directly related to a class held inside the dome of the planetarium. It was found that 24 students have achieved a good learning at the summit, 19 had a median learning and 13 had a poor learning. Although they remained several conceptual confusions, the lesson in the dome provided students with the development of a more decentralized and reversible reasoning of spatial relations between the observer and the directions of the geographical space, indicated by apparent annual movement of the Sun in the sky. Thus, we intend to discuss throughout this work the capacity of the Planetarium of UFG have to contribute to the learning of the seasons through the topocentric reference, making conceptual changes from the previous ideas found in students investigated.

**Keywords:** seasons of the year; planetarium; topocentric reference; teaching of Geography; learning evaluation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Esfera Celeste .....	31
Figura 02 – Primeiro Planetário de Projeção do Mundo .....	34
Quadro 01 – Planetários Adquiridos no Convênio MEC/RDA .....	36
Figura 03 – Telúrio ou Planetário de Mesa .....	47
Figura 04 – Vista Externa do Planetário da UFG .....	50
Figura 05 – Cúpula do Planetário da UFG .....	52
Figura 06 – Linha Cronológica dos Principais Filósofos da Grécia Clássica que Influenciaram a Astronomia .....	60
Figura 07 – Modelo Dual de Aristóteles .....	61
Figura 08 – Modelo Geocêntrico .....	63
Figura 09 – Teoria do Deferente-Epiciclo .....	63
Figura 10 – Almagesto de Claudio Ptolomeu .....	65
Figura 11 – Modelo Heliocêntrico .....	71
Figura 12 – Gnômon .....	85
Figura 13 – Determinação da Linha Meridiana .....	86
Figura 14 – Solstício de Dezembro .....	89
Figura 15 – Equinócio de Março .....	90
Figura 16 – Solstício de Junho .....	90
Figura 17 – Equinócio de Setembro .....	91
Quadro 02 – Duração Média Atual das Estações do Ano no Hemisfério Sul .....	93
Quadro 03 – Estações do Ano em 2013 .....	93
Figura 18 – Sol Poente em São Paulo/SP nos Solstícios e Equinócios .....	95
Figura 19 – Perfil do Horizonte com Sol Poente .....	95
Figura 20 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Solstício de Inverno .....	96
Figura 21 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Equinócio de Primavera .....	97
Figura 22 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Solstício de Verão .....	97
Figura 23 – Definição dos Paralelos Especiais .....	100
Mapa 01 – Zonas Climáticas da Terra .....	102
Mapa 02 – Temperaturas Médias Durante Solstício de Dezembro .....	107
Mapa 03 – Temperaturas Médias Durante Solstício de Junho .....	108
Mapa 04 – Pontos Extremos do Brasil .....	112

Figura 24 – Modelo de Distância e Modelo da Terra Cambaleante .....	116
Figura 25 – Esquema Corporal .....	118
Diagrama 01 – Conteúdo dos Questionários e suas Relações .....	126
Figura 26 – Projetor Zeiss Jena Spacemaster .....	131
Figura 27 – Projetor de Estrelas do Hemisfério Celeste Norte .....	132
Figura 28 – Projetor de Estrelas do Hemisfério Celeste Sul .....	132
Figura 29 – Projetores de Constelações dos Hemisférios Celestes Norte e Sul .....	132
Figura 30 – Projetores da Eclíptica Norte .....	133
Figura 31 – Projetores da Eclíptica Sul .....	133
Figura 32 – Projetor do Meridiano .....	134
Figura 33 – Projetor do Sol .....	134
Figura 34 – Mesa de Comando .....	135
Figura 35 – Armário com Gavetas de Comando .....	135
Quadro 04 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo A .....	172
Quadro 05 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo B .....	190
Quadro 06 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo C .....	206

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo A .....	137
Tabela 02 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo A .....	139
Tabela 03 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo A .....	141
Tabela 04 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo A .....	143
Tabela 05 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo A .....	144
Tabela 06 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo A .....	145
Tabela 07 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo A .....	152
Tabela 08 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo A .....	154
Tabela 09 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo A .....	157
Tabela 10 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo A .....	159
Tabela 11 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo A .....	162
Tabela 12 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo A .....	165
Tabela 13 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo A .....	168
Tabela 14 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo A .....	169
Tabela 15 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo B .....	173
Tabela 16 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo B .....	174
Tabela 17 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo B .....	175
Tabela 18 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo B .....	176
Tabela 19 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo B .....	176
Tabela 20 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo B .....	178
Tabela 21 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo B .....	180
Tabela 22 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo B .....	181
Tabela 23 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo B .....	182
Tabela 24 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo B .....	183
Tabela 25 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo B .....	184
Tabela 26 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo B .....	185
Tabela 27 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo B .....	186
Tabela 28 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo B .....	188
Tabela 29 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo C .....	192
Tabela 30 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo C .....	193
Tabela 31 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo C .....	193

Tabela 32 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo C .....	194
Tabela 33 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo C .....	194
Tabela 34 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo C .....	195
Tabela 35 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo C .....	197
Tabela 36 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo C .....	198
Tabela 37 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo C .....	199
Tabela 38 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo C .....	199
Tabela 39 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo C .....	200
Tabela 40 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo C .....	201
Tabela 41 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo C .....	202
Tabela 42 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo C .....	203

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
ABP	Associação Brasileira de Planetários
ACI	Associação Cartográfica Internacional
ADT	Astronomy Diagnostic Test
CEPAE/UFG	Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação da Universidade Federal de Goiás
CETEMAC	Centro Técnico de Manutenção de Aparelhos Científicos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPTEC/INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
DOPS	Departamento de Ordem Política e Social
IAG/USP	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IESA/UFG	Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MEC	Ministério da Educação
MinC	Ministério da Cultura
NEPEG	Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Geográfica
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RDA	República Democrática Alemã
Séc.	Século(s)
SUPLAN	Superintendência das Obras do Plano de Desenvolvimento
UEG	Universidade Estadual de Goiás
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>OS PLANETÁRIOS: ESPAÇOS DE CIÊNCIA PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO</b> .....	23
2.1	O CONCEITO DE PLANETÁRIO E SUAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DIDÁTICAS .....	26
2.1.1	Os dois referenciais de representação da esfera celeste .....	30
2.1.2	Uma breve história dos planetários .....	32
2.1.3	O valor educativo dos planetários .....	38
2.2	O PLANETÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS .....	46
2.2.1	Um breve histórico .....	46
2.2.2	A estrutura física e funcional .....	49
2.2.3	As atividades exercidas .....	54
2.2.4	O corpo docente .....	56
2.3	O REFERENCIAL TOPOCÊNTRICO E A CONCEPÇÃO GEOCÊNTRICA DE UNIVERSO .....	57
2.3.1	O universo aristotélico .....	59
2.3.2	O sistema de mundo ptolomaico .....	62
2.3.3	O auge e o declínio do modelo geocêntrico: a transição da ordem medieval para a modernidade .....	66
2.3.4	Problemas e perspectivas: possíveis articulações entre os referenciais topocêntrico e heliocêntrico no ensino de Geografia .....	75
<b>3</b>	<b>ESTAÇÕES DO ANO: ENTRE A GEOGRAFIA E A ASTRONOMIA</b> .....	81
3.1	O MOVIMENTO DIÁRIO E ANUAL APARENTE DO SOL .....	83
3.1.1	Solstícios e equinócios .....	87
3.1.2	O movimento anual aparente do Sol no horizonte .....	94
3.1.3	Contribuições para a Cartografia .....	98
3.1.4	Contribuições para a Climatologia .....	102
3.2	DIFICULDADES NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DAS ESTAÇÕES DO ANO .....	113
3.3	O ESQUEMA CORPORAL E AS RELAÇÕES ESPACIAIS .....	117

<b>4</b>	<b>A INVESTIGAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO PLANETÁRIO DA UFG...</b>	<b>123</b>
4.1	FERRAMENTAS DE ANÁLISE: OS QUESTIONÁRIOS PRÉVIO E POSTERIOR À AULA .....	123
4.2	A APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS E O PÚBLICO PESQUISADO .....	127
4.3	A AULA NA CÚPULA DO PLANETÁRIO DA UFG .....	129
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	136
4.4.1	Grupo A .....	137
4.4.2	Grupo B .....	173
4.4.3	Grupo C .....	191
4.5	CONVERGÊNCIAS, DIVERGÊNCIAS E ARTICULAÇÕES .....	207
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>211</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>216</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE CONHECIMENTO PRÉVIO .....</b>	<b>224</b>
	<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE CONHECIMENTO POSTERIOR À AULA .....</b>	<b>226</b>
	<b>APÊNDICE C – GABARITO DOS QUESTIONÁRIOS .....</b>	<b>229</b>
	<b>APÊNDICE D – TRANSCRIÇÃO DA AULA NA CÚPULA DO PLANETÁRIO DA UFG .....</b>	<b>230</b>
	<b>ANEXO A – DESENHO ESQUEMÁTICO DO PROJETOR ZEISS SPACEMASTER .....</b>	<b>237</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As estações do ano constituem um tema astronômico que se encontra diretamente presente no cotidiano das pessoas. Sua importância para a Geografia é notória, pois abordar tal temática significa falar em solstícios e equinócios, movimento diário e anual aparente do Sol, orientação geográfica, variações térmicas, paisagens climáticas e botânicas, ciclos agrícolas, movimentos da Terra, definições conceituais dos principais paralelos de latitude, tais como os trópicos e os círculos polares, dentre outros assuntos.

Trata-se de um tema bastante amplo e que possui complexidades que, na maioria das vezes, não são compreendidas satisfatoriamente pelos alunos ou até mesmo pelos professores.

Estudos já realizados sobre o assunto como De Manuel Barrabín (1995), Camino (1995), Bisch (1998), Parker e Heywood (1998), Trumper (2000), Sobreira (2002, 2010), Queiroz, Barbosa-Lima e Vasconcellos (2004), Langhi e Nardi (2005), Leite (2006), Longhini e Mora (2010), entre outros, têm apontado para diversas dificuldades acerca do ensino e da aprendizagem das estações do ano, seja na Educação Básica ou na Superior.

As causas variam desde a má formação dos professores a respeito dos temas astronômicos até ao elevado nível de abstração que tais conteúdos exigem para serem compreendidos.

O livro didático, principal material escolar que estabelece uma relação cognitiva entre professores e alunos, também contribui para este cenário, uma vez que esses materiais são limitados e apresentam inúmeros erros conceituais.

Por outro lado, os planetários constituem locais privilegiados para a (re)construção do conhecimento. São espaços que reúnem condições adequadas para a prática do ensino e da aprendizagem de temas que envolvem a observação do céu e os fenômenos celestes. Portanto, trata-se de um espaço cuja função é o ensino e a difusão do conhecimento científico interdisciplinar, sendo o astronômico de forma mais pronunciada.

Esta é a constatação das pesquisas de Barrio (2002, 2010), Martins (2009), Almeida et al. (2010) e Sabota (2010), dentre outros. Os planetários possuem equipamentos de projeção que são capazes de reproduzir o céu por meio da simulação da esfera celeste no interior de uma cúpula. Tais aparelhos representam, na atualidade, uma das formas mais importantes e interessantes de apresentar a Astronomia e seus conteúdos.

Barrio (2002) trabalha com a tese de que é possível alcançar o domínio conceitual com o uso do planetário. O autor explica que no acervo de pesquisas sobre o tema não existem materiais suficientes para avaliar como ocorre em um planetário o processo de ensino e aprendizagem no domínio conceitual, sendo que nos domínios atitudinal e procedimental é possível encontrar alguns trabalhos, mesmo que não sejam muitos.

Para o autor, isto é consequência de que o uso do planetário sempre foi utilizado para a informalidade e o entretenimento, e não propriamente para a formação conceitual e científica. Desse modo, a atividade docente praticada nesses espaços é utilizada de maneira muito pouco formal e continuada, uma vez que o lazer é mais valorizado que o aspecto educacional.

Diante de tais constatações, o presente trabalho se apoia, basicamente, em dois pressupostos: primeiro que o processo educacional que envolve o ensino e a aprendizagem das estações do ano não tem sido nada satisfatório, haja vista os resultados das pesquisas sobre o assunto; e segundo que os planetários são espaços de ciência que constituem locais privilegiados para a (re)construção do conhecimento científico em geral.

Neste contexto, tornam-se plausíveis as seguintes indagações: é possível ensinar e aprender estações do ano nos planetários? Existem condições necessárias em um planetário para consolidar a formação científica dos alunos que ali frequentam? É admissível alcançar a formação de conceitos como os de solstício e equinócio no interior das cúpulas? Como tratar as temporalidades e sazonalidades das estações do ano nestes espaços de ciência?

*O objetivo geral da pesquisa é investigar, por meio da aprendizagem dos alunos avaliados, se realmente este espaço de ciência é eficaz para o ensino das estações do ano e quais são suas contribuições neste contexto, sejam elas positivas ou não.* Tal objetivo conduz os rumos que o trabalho adquire ao longo da investigação educativa.

As primeiras ideias deste tema de pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem das estações do ano em um planetário iniciaram-se em 2009 quando comecei a lecionar Geografia como professor substituto no Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação da Universidade Federal de Goiás (CEPAE/UFG), antigo Colégio de Aplicação.

Em uma reunião realizada no mês de fevereiro daquele ano, ficou decidido que o autor que vos escreve assumisse as turmas dos 6º e 9º anos do Ensino Fundamental, bem

como uma turma do Ensino Médio<sup>1</sup>. O 6º ano, em particular, possui diversos conteúdos relacionados à Astronomia e à Cartografia.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Geografia do Terceiro Ciclo do Ensino Fundamental (6º e 7º anos) propõem assuntos astronômicos em dois eixos: “o estudo da natureza e sua importância para o homem” e “a cartografia como instrumento na aproximação dos lugares e do mundo” (BRASIL, 1998).

O tema das estações do ano, bem como os tópicos escolares relacionados à Climatologia em geral, encontra-se no primeiro eixo citado acima. Considerando-se as especificidades da Geografia e as características dos PCN que, por sua vez, apresentam propostas com diversos conteúdos organizados em um conjunto de eixos temáticos que se apoiam em determinados subsídios teóricos visando orientar a atividade docente em geral, Sobreira (2002) afirma que, a partir das recomendações dos PCN, os temas astronômicos que mais se aplicam à Geografia são: orientação geográfica, estações do ano, movimentos da Terra e marés.

Entre os meses de março e abril de 2009, o Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Geográfica (NEPEG), via Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG), ofereceu um curso de extensão chamado “As Representações Cartográficas e o Ensino de Geografia”. Tal curso foi sediado no Planetário da UFG e nesta ocasião conheci o Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira, orientador desta pesquisa.

Resolvi fazer o curso para aperfeiçoar meus conhecimentos sobre o ensino da Cartografia escolar, uma vez que estava trabalhando naquela época com meus alunos do 6º ano as noções básicas da representação cartográfica.

Este curso de extensão serviu como um importante aporte teórico que me orientou posteriormente em diversas atividades docentes na sala de aula. Outro fator positivo do curso foi conhecer melhor as instalações do Planetário da UFG, bem como as vantagens da cúpula para abordar temas astronômicos de grande valia para o campo geográfico, tais como a orientação geográfica por meio do Sol, da Lua e das constelações, as estações do ano e os fusos horários.

Em outubro de 2009, tive a oportunidade de levar meus alunos do 6º ano ao Planetário da UFG. Naquela ocasião, estávamos estudando os movimentos de rotação e

---

<sup>1</sup> No CEPAE/UFG existem apenas duas turmas por ano em todas as séries da Educação Básica.

translação da Terra. Eram 60 alunos no total (30 de cada turma) e uma coisa me chamou a atenção: antes de chegar ao nosso destino perguntei-lhes quem conhecia o Planetário da UFG e apenas 06 discentes disseram que já tinham ido ao planetário.

Assistimos à sessão “Tainá-Kan (Estrela da Manhã)” que é direcionado ao público infantil<sup>2</sup>. Depois da sessão audiovisual na cúpula houve um diálogo entre os discentes e o professor responsável pela sessão, na qual foram sanadas algumas dúvidas dos alunos que se encontravam eufóricos e empolgados naquele instante.

A maioria adorou o “passeio” e depois ficamos discutindo dentro do ônibus os assuntos abordados na sessão como, por exemplo, as características dos planetas do Sistema Solar. O fato de uma irrisória minoria conhecer este espaço de ciência antes de nossa visita me levou a refletir sobre a relação entre as escolas de Goiânia e o Planetário da UFG.

Tais reflexões me levaram a elaborar um trabalho sobre o assunto. Apresentei-o no V Fórum NEPEG de Formação de Professores em Geografia, cujo título do evento foi “Ensino de Geografia: pesquisa e prática pedagógica”. Este evento foi realizado na cidade de Caldas Novas, interior de Goiás, no final do mês de maio de 2010.

O outro episódio que contribuiu bastante para o amadurecimento do anteprojeto desta pesquisa de mestrado foram as oficinas de Astronomia. Intitulado “Ensino de Astronomia para Geografia” e sediado no próprio Planetário da UFG, este curso de extensão consistia em um ciclo de aulas práticas (oficinas) sobre orientação geográfica, estações do ano, movimentos da Terra e da Lua, e fusos horários.

Sob a coordenação do Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira, este curso foi promovido também pelo NEPEG. Realizado entre os meses de março e abril de 2010, tal curso me aproximou mais ainda do Planetário da UFG e dos temas astronômicos que envolvem tanto o ensino quanto a aprendizagem de Geografia, seja ela escolar ou acadêmica.

Para realizar o trabalho empírico da presente pesquisa foram elaborados dois questionários com questões objetivas de múltipla escolha sobre o tema do estudo: as estações do ano. O primeiro questionário foi elaborado com a finalidade de realizar um levantamento de concepções prévias dos alunos investigados. Já o segundo foi elaborado com o intuito de

---

<sup>2</sup> O nível escolar deste vídeo é para alunos dos 4º e 5º anos do Ensino Fundamental. A sessão possui 40 minutos de duração e sua sinopse completa encontra-se disponível em: <<http://www.planetario.ufg.br/pages/18098>>.

verificar o aprendizado desses alunos durante uma aula realizada dentro da cúpula do Planetário da UFG.

Tais questionários constituem a ferramenta de análise da pesquisa empírica. A aplicação desses questionários ao público investigado configura os passos metodológicos do presente trabalho. Desse modo, estamos de acordo com Caniato (1987) ao afirmar que a metodologia se materializa na aplicação do conteúdo.

Trata-se de um *estudo de caso* como método de pesquisa. Segundo Yin (2010), o estudo de caso é uma investigação empírica que pesquisa um fenômeno contemporâneo em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites e as relações entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes.

Considerando-se que o desempenho dos alunos investigados sobre a aprendizagem das estações do ano é o fenômeno da pesquisa e o Planetário da UFG o seu contexto, acredita-se que, de acordo com os objetivos do trabalho, tal método de estudo é o mais adequado.

Os questionários foram aplicados em três ocasiões diferentes, uma vez que três turmas de alunos do curso de Geografia participaram da pesquisa empírica. Trata-se, portanto, de um estudo composto por três casos incluídos na mesma pesquisa. Ao final do trabalho é realizado um cruzamento dos dados obtidos com o objetivo de revelar convergências e/ou divergências entre os resultados encontrados no estudo.

No primeiro capítulo apresentamos o conceito de planetário e suas características técnicas e didáticas. Um breve histórico desses equipamentos de projeção celeste também é apresentado, sendo que o valor educativo dos planetários é sempre enfatizado. Em particular, o Planetário da UFG é apresentado minuciosamente, pois se trata do contexto específico da pesquisa. Na última seção deste capítulo discutimos as características básicas do referencial topocêntrico e qual é a sua importância para o trabalho, uma vez que o projetor Spacemaster do Planetário da UFG possui tal sistema de referência. Trata-se do ponto de vista local do observador, situado na superfície terrestre, no qual realizamos nossas observações do céu.

No segundo capítulo expomos os fundamentos e as características das estações do ano, tema principal do estudo. O movimento diário e anual aparente do Sol no céu é destacado devido ao referencial privilegiado pela pesquisa. As dificuldades acerca do ensino e da aprendizagem das estações do ano, por meio da perspectiva topocêntrica, são indicadas e explanadas. Por fim, apresentamos as características do esquema corporal e suas relações

espaciais com as direções geográficas, bem como o desenvolvimento cognitivo deste processo.

No terceiro e último capítulo, analisamos todos os dados produzidos e obtidos ao longo da pesquisa empírica. Verificamos por meio do aprendizado dos alunos que a maioria obteve um desempenho entre regular e insatisfatório dentro da cúpula. Algumas reflexões foram colocadas ao final do trabalho e possíveis variáveis foram elencadas para melhor compreensão dos resultados.

Nas referências bibliográficas apresentamos todas as obras que foram utilizadas diretamente ao longo da pesquisa e, em menor medida, outras que de forma mais indireta encontram-se relacionadas ao arcabouço de temas e assuntos que envolvem o ensino e a aprendizagem das estações do ano em um planetário. Foi acrescentada uma lista com todas as páginas virtuais (websites) visitadas durante a pesquisa.

Por fim, colocamos alguns apêndices que auxiliam na compreensão do texto, tais como a transcrição da aula dentro da cúpula e os dois questionários diagnósticos que foram elaborados por nós e utilizados na investigação empírica. Há também um anexo que ilustra todos os componentes do projetor Zeiss Jena Spacemaster do Planetário da UFG.

## 2 OS PLANETÁRIOS: ESPAÇOS DE CIÊNCIA PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

A observação do céu sempre esteve presente na curiosidade humana. Contemplá-lo desde os tempos primórdios da humanidade proporcionou conhecimentos fundamentais para o posterior desenvolvimento técnico e científico. Sabe-se que todos os eventos que envolvem a observação do céu são de competência da Astronomia, o que a torna em uma das ciências primogênicas da humanidade (SOBREIRA, 2002).

Martins (2009, p. 61-2) revela que “esse fascínio pelos fenômenos celestes levou os seres humanos a especular e desenvolver idéias astronômicas desde a mais distante Antigüidade, havendo registros históricos dessas atividades de há cerca de 5000 anos”. A Astronomia possui raízes muito profundas na história da humanidade. Mapear sua origem, com precisão, é uma tarefa praticamente impossível.

O céu está presente em todos os lugares do planeta Terra e despertou diversos interesses e conhecimentos em várias culturas ao redor do mundo. Diferentes povos têm olhado e observado o céu ao longo dos anos, concebendo a Astronomia hoje como o resultado de uma profunda construção coletiva que perpassou séculos e milênios.

Provavelmente, segundo Cardoso (2010, p. 08), o que “diferenciou o céu de todas as outras manifestações naturais foi a sua capacidade de se modificar caprichosamente, como se estivéssemos tratando de uma entidade viva, com a qual nos relacionávamos”. Acredita-se que essa ideia de organismo atribuída ao céu pode ser um dos motivos pelos quais várias divindades antigas estavam relacionadas com a esfera celeste<sup>3</sup>.

O ensino de Astronomia é capaz de localizar o ser humano no tempo e no espaço (BARRIO, 2002, 2010; MARTINS, 2009), levando as pessoas a conhecer melhor os seus lugares na imensidão do Universo. Tal ensino é de grande valia, pois a Astronomia “nos acorda, nos sacode e nos faz pensar na pequenez e na fragilidade de nosso planeta [...]”

---

<sup>3</sup> Barrio (2002) afirma que nos últimos 2.500 anos não houve grandes alterações provocadas pelos fenômenos celestes, mas que as teorias elaboradas pela mente humana para explicar tais fenômenos mudaram consideravelmente. Para os povos antigos, as inúmeras estrelas que desenhavam o céu eram “*dioses que nos observan y los fenómenos naturales son su expresión. Era difícil entender otra cosa en esos momentos, ya que todo lo que podían ver eran fenómenos inexplicables. Por eso, la conexión entre Astronomía, Astrología y Religión (culto a los astros, sacerdotes astrónomos) se observa prácticamente en todas las culturas de la antigüedad*” (op. cit., p. 24).

(SILVESTRE; LONGHINI, 2010, p. 83) mediante a infinitude do espaço cósmico, ajudando as pessoas a conscientizar e respeitar cada vez mais o planeta Terra.

Essas constatações possuem importantes consequências para as áreas do conhecimento que se preocupam com a preservação ambiental e com os impactos causados pela ação humana ao meio ambiente. A Geografia participa diretamente desta perspectiva, uma vez que grande parte de seus estudos preocupam-se com as relações travadas entre sociedade e natureza, e suas consequências para a vida humana.

A gigantesca amplitude das escalas temporal e espacial em Astronomia proporciona esse aprendizado para o público em geral, “possibilitando entender melhor que a Terra é um ecossistema com um equilíbrio bastante delicado, com recursos e um tempo de existência limitado” (BARRIO, 2010, p. 171).

De certa forma, os seres humanos se tornam insignificantes diante da colossal magnitude do Universo (o que causa até desconforto em determinadas circunstâncias). Tal comparação é importante, também, para colocarmos em xeque todo o antropocentrismo e a arrogância humana construída ao longo dos séculos.

Devido à sua abrangência, a Astronomia e seu ensino abarcam diversas áreas do conhecimento que estão relacionadas direta e indiretamente com o céu. Os eventos celestes compreendem inúmeros fenômenos que envolvem a origem da vida, a formação do planeta Terra e seus movimentos, a obtenção de energia e sua relação com as estrelas, a localização e a orientação na superfície terrestre, a sucessão dos dias e das noites, o ciclo das estações do ano, as fases da Lua, as marés etc.

A Astronomia estabelece, ainda, relações com a linguagem, a arte e a cultura de diversos povos da Antiguidade. Áreas do saber como a Arqueoastronomia e a Etnoastronomia (ou Astronomia Cultural) evidenciam tais relações.

Toda esta abrangência faz da Astronomia uma ciência consideravelmente ampla que se configura, simultaneamente, como inter, trans e multidisciplinar (BARRIO, 2002). Suas contribuições para a Geografia, por exemplo, são essenciais, haja vista que astros como o Sol, a Lua e algumas constelações são utilizados, desde a história antiga, como meios de orientação espacial.

Aliás, o sistema de coordenadas geográficas “surgiu a partir da observação do céu e do movimento dos astros” (ALMEIDA, 2006, p. 14). Sabe-se o quão importante é, para os estudos cartográficos e geográficos, tal sistema composto por meridianos e paralelos.

Barrio (2002) enfatiza que a Astronomia nunca foi, desde o seu princípio, uma atividade puramente contemplativa e sem utilidade para a vida prática; pelo contrário, o aperfeiçoamento dos conhecimentos relacionados ao céu possui uma enorme aplicabilidade nos dias atuais. Segundo o autor, isso faz com que a Astronomia seja, ao mesmo tempo, uma das ciências mais antigas e uma das mais modernas.

Essa breve exposição evidencia a importância histórica da observação celeste que, ao longo de vários séculos e milênios, proporcionou inúmeros conhecimentos astronômicos básicos para a vida moderna dos tempos hodiernos.

Porém, alguns estudos têm apontado que, nas últimas décadas, a contemplação do céu noturno estrelado encontra-se bastante limitada e comprometida pelas poluições atmosférica e luminosa dos grandes centros urbanos. O desenvolvimento acelerado da urbanização e das atividades industriais, em escala global, desde meados do séc. XIX e, principalmente do séc. XX, culminou com tais poluições que, por conseguinte, estão ofuscando o brilho dos astros no céu noturno.

Barrio (2002) explica que ao mesmo tempo em que o desenvolvimento científico e tecnológico privou as pessoas metropolitanas de contemplar o céu, permitiu criar um sistema artificial chamado *planetário* que, por sua vez, substituiu parcial e/ou totalmente a visão do céu estrelado. Segundo o autor,

*Hasta no hace muchos años, la contemplación del cielo estrellado era una experiencia cotidiana de todos los seres humanos. Hoy día este privilegio queda reservado a los habitantes de las zonas apartadas de los grandes núcleos urbanos, ya que la contaminación de la capa atmosférica y la luminosidad de las ciudades provocan una importante difusión de la luz hacia arriba, vedando el cielo. Las estrellas desaparecen de la vista y mucha gente se ve privada de un espectáculo natural de gran magnitud. No obstante, el desarrollo tecnológico, al mismo tiempo que ha propiciado que no se observe este fenómeno, ha conseguido un sistema sustitutivo de la visión del cielo estrellado: el Planetario. Aunque evidentemente no es igual, puede cumplir otras funciones adicionales, como son la divulgación didáctica de la Astronomía, e incluso la de ofrecer un bello espectáculo más o menos pretencioso. (op. cit., p. 206)*

O espetáculo natural do céu noturno totalmente estrelado tornou-se restrito às zonas rurais e pequenas cidades ou vilarejos. Ao considerar que a maioria da população mundial

vive atualmente em áreas urbanas<sup>4</sup>, percebe-se facilmente que a contemplação do céu estrelado se tornou um fenômeno raro no séc. XXI.

Klinkenborg (2008 apud MARTINS, 2009) afirma que os seres humanos são criaturas diurnas, adaptadas para viver sob a luz solar. O homem, no decorrer da história, manipulou a noite ao preenchê-la de luz artificial para que se tornasse mais acolhedora.

Entretanto, em decorrência das ambivalências dos avanços tecnológicos, os modernos planetários de projeção foram criados para reproduzir a esfera celeste de maneira muito realista. No interior das cúpulas, local onde o céu é projetado e simulado, “não há interferências climáticas nem luminosas para a contemplação da abóboda celeste” (MARTINS, 2009, p. 36).

A ausência de tais interferências e poluições viabiliza magistralmente a observação direta do céu noturno, tornando os planetários em importantes recursos didáticos para o ensino e a aprendizagem da Astronomia (BARRIO, 2002, 2010; MARTINS, 2009).

## 2.1 O CONCEITO DE PLANETÁRIO E SUAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DIDÁTICAS

A ideia de representar o céu e o movimento aparente diurno e anual dos astros, bem como fenômenos astronômicos sazonais e cíclicos, é muito antiga. Sua origem remonta à Antiguidade e no decorrer da história foram concebidos, basicamente, dois modelos de representação da abóbada celeste.

Barrio (2010, p. 164) conta que

A ideia de reproduzir a abóboda celeste e ilustrar o movimento diurno e anual e os fenômenos astronômicos das diferentes estações do ano tem sua origem em tempos

---

<sup>4</sup> Segundo o Atlas do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2013b), 51,6% da população mundial residem nas cidades. É a primeira vez na história que os dados estatísticos oficiais registram a superioridade da população urbana sobre a rural, pois em 2005 os dados apontavam que a população urbana era de 49,1% e a rural de 50,9%. Vale destacar que esses dados demográficos de 2010 são equilibrados por conta do continente africano e, principalmente, do sudeste asiático. Essas enormes extensões territoriais apresentam baixíssimas taxas de urbanização (geralmente abaixo de 35%) e as maiores taxas de população absoluta e relativa – densidade demográfica – do mundo encontram-se nos países do sudeste asiático como a China, Índia, Indonésia e Bangladesh. O baixo índice de urbanização nessas áreas do globo, aliado às exorbitantes concentrações populacionais do sudeste asiático, mantém, ainda hoje, os números relativamente baixos da população urbana mundial. Em outras localidades do mundo como o continente americano, a Europa, partes da Ásia e a Oceania, a população urbana é bem mais expressiva. No caso do Brasil, por exemplo, a população urbana total é de 84,4%. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/detalhes.php?id=264529>>.

remotos. Desde então, foram construídos modelos para representar as estrelas e os planetas, explicando os diversos movimentos da vida celeste. Para tanto, podem-se diferenciar duas formas de representar a abóboda celeste: uma limitada a mostrar as estrelas e as constelações que a compõem, e outra que inclui também os planetas. Assim, pode-se representar o céu excluindo os astros que se movimentam rapidamente, de modo que se crie uma representação estável, ou ainda, pode-se escolher um sistema para incorporar também os planetas na representação. No primeiro caso, constrói-se um *estelário*, enquanto que o segundo, muito mais completo, denomina-se *planetário*. (grifo nosso)

Dessa forma, os planetários constituem sistemas de projeção do céu bem mais amplos e complexos do que os estelários. O movimento aparente diário e anual dos planetas na esfera celeste é bem mais dinâmico devido à proximidade desses astros em relação ao planeta Terra. O mesmo ocorre com o Sol e Lua em suas trajetórias aparentes no céu, pois se tratam de astros vizinhos da Terra uma vez que se encontram dentro do Sistema Solar.

As distâncias entre a Terra e os demais astros que compõem o Sistema Solar são relativamente pequenas considerando-se as escalas astronômicas e a imensidão do Universo. Para se ter uma ideia, a distância média e aproximada da Terra em relação ao Sol é de 150 milhões de quilômetros. Em relação à Lua, por exemplo, a distância já é bem menor, pois se trata do satélite natural do nosso planeta. Conforme Silveira (2001), a Lua está a uma distância média de apenas 384 mil quilômetros do centro da Terra.

Os planetas Mercúrio, Vênus e Marte são os mais próximos. Eles formam, juntamente com a Terra, os quatro planetas sólidos (ou telúricos) do Sistema Solar e são os quatro planetas mais próximos do Sol. Portanto, as distâncias de tais planetas em relação à Terra, seja em oposição ou conjunção, variam em torno dos milhões de quilômetros.

Júpiter também se enquadra na casa dos milhões, porém ele está bem mais distante da Terra do que os três planetas supracitados. Júpiter é um planeta gigante e gasoso que se encontra muito mais afastado do Sol. Os outros três planetas do Sistema Solar (Saturno, Urano e Netuno) localizam-se a bilhões de quilômetros da Terra<sup>5</sup>.

De todos esses planetas, cinco são visíveis a olho nu, isto é, a partir da observação direta do céu. São eles: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. A visibilidade desses astros no céu depende da época do ano, da latitude e do horário de observação.

---

<sup>5</sup> Leite (2006) realizou uma atividade com professores de Ciências do Ensino Fundamental que consiste na construção do Sistema Solar em escala, tratando das proporções espaciais entre os planetas e o Sol. O objetivo central do trabalho é desenvolver elementos relacionados à espacialidade cósmica para que seja possível compreender os tamanhos dos objetos celestes e as distâncias relativas entre eles.

As estrelas, por sua vez, encontram-se a vários anos-luz do Sistema Solar. Segundo Langhi (2010, p. 25), um ano-luz “equivale a, aproximadamente, 9,5 trilhões de quilômetros, ou seja, é a distância que a luz percorre ao longo de um ano a uma velocidade de cerca de 300 mil quilômetros por segundo”. Sabe-se que a estrela mais próxima do Sol é a *Proxima Centauri*, pertencente à constelação *Centaurus* de classificação  $\alpha$  (alfa) e magnitude 11,10. Tal estrela encontra-se a uma distância aproximada de 4,24 anos-luz do Sistema Solar<sup>6</sup>.

Isto significa que as estrelas estão infinitamente mais distantes da Terra do que os planetas e demais astros do Sistema Solar<sup>7</sup>. Barrio (2002) comenta que, devido à enorme distância que separa as estrelas da Terra, elas não mudam aparentemente sua posição relativa no céu, causando a impressão de estarem fixas.

Assim, ao observar o céu é possível visualizar inúmeros pontos fixos e luminosos espalhados pela esfera celeste. Trata-se, justamente, das milhares de estrelas existentes na Galáxia, na vizinhança do Sistema Solar. Na realidade, toda esta imagem hemisférica que temos do céu estrelado é aparente, pois

[...] ao olharmos para o céu, temos a impressão de que nós estamos situados no centro de uma enorme esfera transparente e giratória, em cuja superfície as estrelas estão fixas, toda ela dividida em 88 regiões ou áreas com suas respectivas constelações, formando uma enorme abóbada celeste. Esta aparência que temos de um céu esférico ocorre porque não conseguimos distinguir as diferenças de distâncias que há entre os corpos celestes por estarem tão distantes de nós. Nossa mente forma, portanto, a imagem de que todos eles estão a uma mesma distância ao redor de nós, formando uma superfície esférica e transparente, que abriga todas as estrelas e demais corpos celestes, ou seja, uma esfera imaginária de raio infinito, cujo centro localiza-se em nossos olhos. (LANGHI, 2010, p. 29)

A percepção visual humana é carente de profundidade e as distâncias astronômicas dos corpos celestes dificultam a formação da imagem tridimensional do espaço. Szamosi (1986 apud LEITE, 2006) afirma que quando se trata de distância, o olho fornece ao cérebro dados imprecisos e ambíguos. A imagem formada pela retina só contém informações referentes à direção e ao tamanho aparente dos objetos.

Portanto, o nosso aparelho visual fornece uma imagem aparente em que os astros encontram-se todos planos a uma mesma distância de nós, cuja forma e tamanho são meros

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www.cosmobrain.com.br/res/estprox2.html>>.

<sup>7</sup> Esta constatação já tinha sido publicada no séc. XVI por Nicolau Copérnico. Segundo Gatti e Nardi (2010), a primeira apresentação do sistema copernicano estava contida em um manuscrito denominado *Commentariolus* que, por sua vez, apresentava sete axiomas que resumiam as hipóteses fundamentais de Copérnico. O 4º axioma diz: “comparada à distância das estrelas fixas, a distância da Terra ao Sol é pequena” (op. cit., p. 187).

pontos no céu, haja vista que as distâncias relativas são enormes e a profundidade do espaço sideral é infinita.

A percepção da profundidade no espaço, isto é, o reconhecimento da tridimensionalidade, exige um longo e delicado processo educacional em Astronomia. Leite (2006, p. 25) alerta que o “ver tridimensional não é mais intuitivo e natural. Muito pelo contrário. Ele é bastante complexo, necessitando da nossa atenção e cuidado durante a sua aprendizagem”. Trata-se, assim, de um limite cognitivo, pois são objetos grandes e distantes demais para que a mente humana possa contê-las (CASATI, 2001).

Desde a Antiguidade, foram necessárias diversas e cuidadosas observações do céu noturno para diferenciar os planetas das estrelas. Boczek (1984, p. 258) revela que

Foi através de observações pacientes e sistemáticas que os povos antigos verificaram que, entre as estrelas chamadas fixas, havia algumas “estrelas” que se deslocavam com relação às demais. [...] Existem, porém, as “estrelas” que se movem: essas receberam o nome de *Planetas*, cujo significado é “astro móvel”, em contrapartida à “estrela fixa”. (grifo do autor)

Percebe-se, então, que a ideia de movimento e dinamismo dos planetas está inerente ao próprio significado da palavra. Inclusive, a etimologia do termo vem do grego e significa errante, ou seja, aquele que caminha, que anda sem destino, que não possui residência fixa ou vive como nômade (HOUAISS, 2001).

Martins, Godoi e Mascarenhas (2010) confirmam tal origem da nomenclatura planeta, pois afirmam que os gregos, notoriamente Platão e Aristóteles, já haviam observado que “os planetas descreviam uma órbita mais complexa, nas quais os planetas avançavam e retrocediam, periodicamente” (op. cit., p. 137).

Por isso que os planetários constituem instrumentos de projeção bem mais completos, uma vez que são capazes de reproduzir e ilustrar todos os movimentos dos planetas na esfera celeste, bem como das estrelas e de outros astros existentes no Universo. O que diferencia, rigorosamente, os planetários dos estelários é justamente a capacidade de representar os movimentos dos planetas no céu por meio da simulação da abóbada celeste, justificando o emprego da denominação “planetário”. De fato, o termo *planetário* deriva-se da palavra *planeta*.

### 2.1.1 Os dois referenciais de representação da esfera celeste

A esfera celeste pode ser representada a partir de duas referências, sendo uma interna e outra externa. O primeiro referencial considera o observador no interior da esfera celeste, criando uma posição espacial localizada na superfície terrestre, enquanto que o segundo referencial coloca o observador fora da esfera celeste, estabelecendo um ponto de vista espacial externo.

Segundo Barrio (2010, p. 164),

O primeiro tipo de representação é mais natural, porque, quando se olha para o céu, se observa uma cúpula que se estende por cima, como uma semiesfera na qual o observador é o centro. O segundo tipo de representação, que consiste na construção de um globo, em cuja superfície estão as estrelas e as constelações, de maneira análoga à representação dos continentes sobre um globo da Terra, é mais fácil e, às vezes, igualmente eficiente, embora não seja natural.

A segunda opção de representação “é mais fácil de ser construída, pois permite a elaboração de sistemas de pequeno tamanho. Já a primeira opção exige sistemas maiores que permitam que o observador se instale em seu interior [...]” (MARTINS, 2009, p. 34).

O referencial externo à esfera celeste difere totalmente da realidade observada. Esta perspectiva é representada por um globo celeste como se o espaço cósmico fosse um lugar específico e delimitado, fora da Terra e com uma forma arredondada semelhante aos astros<sup>8</sup>, conforme Figura 01.

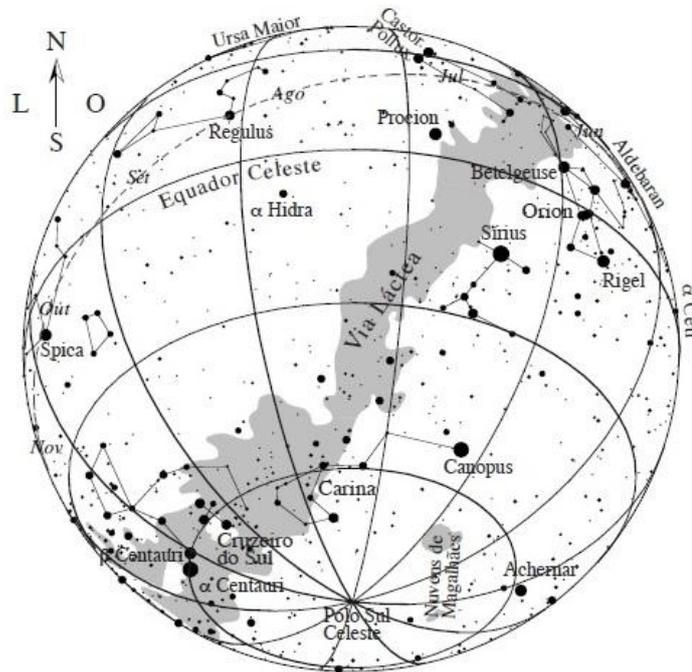
Embora o referencial externo seja bastante irreal, sua representação – o globo celeste – pode ser utilizada como instrumento didático no ensino de Astronomia, pois devido ao seu pequeno tamanho e fácil manuseio, girando sobre um ou mais eixos, o globo celeste permite representar com facilidade diferentes movimentos da abóbada celeste (BARRIO, 2010).

Os globos terrestres também são bastante utilizados nesta perspectiva, pois facilitam muito a compreensão dos movimentos da Terra, do ciclo dia/noite, das estações do ano, da direção relativa da gravidade, entre outros temas. Dessa forma, tanto o globo terrestre quanto o celeste são objetos didáticos que representam uma visão espacial exterior na qual viabiliza a demonstração de vários movimentos e eventos astronômicos.

---

<sup>8</sup> Bisch (1998), ao trabalhar com as concepções prévias de estudantes e professores do Ensino Fundamental, constatou um modelo de Universo em uma das crianças investigadas no qual chamou de “espaço localizado”. A concepção do espaço cósmico neste modelo aproxima-se bastante das características de um globo celeste.

**Figura 01 – Esfera Celeste**



Representação da esfera celeste com algumas das principais estrelas e constelações, bem como o equador celeste, o polo celeste sul e a trajetória aparente do Sol (linha tracejada). **Fonte:** Lima Neto (2011).

Já o referencial interno da esfera celeste constitui um sistema de representação fiel à visão real que temos do céu. Esse tipo de representação é o mais natural e realista que existe, pois coincide com o ponto de vista local de um observador situado na superfície terrestre. Ou seja, o centro da esfera celeste aparente localiza-se nos olhos de um observador que contempla o céu.

Trata-se de uma perspectiva construída a partir da visão humana quando lançada ao observar a esfera celeste que se estende sobre nossas cabeças. Tal ponto de vista possui um referencial denominado *topocêntrico*. Bisch (1998, p. 12) argumenta que se trata do “nosso ponto de vista local, do chão, do ponto particular em que estamos sobre a superfície desta esfera imensa, em relação ao nosso próprio tamanho, que é a Terra, que gira sobre si mesma e em torno do Sol”.

Esse é o tipo de representação utilizado em uma cúpula de planetário óptico-mecânico com seu teto hemisférico, onde o observador se encontra no seu interior. Portanto, “este é o modelo do planetário que se impôs na atualidade, em que a tecnologia contribuiu com muitas soluções, mesmo que não sejam nem simples e nem, muitas vezes, baratas” (BARRIO, 2010, p. 165).

O profundo desenvolvimento tecnológico, consolidado no último século, viabilizou a construção de tais equipamentos que, a partir do referencial topocêntrico, são capazes de reproduzir os movimentos da abóbada celeste dentro de uma cúpula. Embora a ideia de representar o céu seja bem antiga, os modernos planetários de projeção são uma invenção relativamente recente.

### 2.1.2 Uma breve história dos planetários

Sabe-se que, desde a Antiguidade, existem representações que envolvem o céu e seus aspectos. Barrio (2002, 2010) afirma que artistas e cientistas sempre se dedicaram ao longo da história, de acordo com os conhecimentos astronômicos adquiridos até então, em realizar representações acerca dos movimentos da esfera celeste.

A origem de tais representações está diretamente relacionada com o surgimento dos planetários, uma vez que o aparecimento de ambas se confunde em um passado longínquo. As primeiras esferas celestes que se tem registro eram estáticas e, geralmente, fabricadas em madeira sobre um fundo azul escuro que representava o céu noturno onde ficavam as estrelas (segundo sua cor e brilho), enquanto que os primeiros planetários eram movidos por sistemas hidráulicos<sup>9</sup>.

De acordo com Barrio (2002, p. 209),

*El primer Planetario auténtico basado probablemente en las esferas concéntricas de Eudoxio se construyó alrededor de 250 a.C. por Arquímedes y aunque no se conservó, por lo que se conoce de él, parece ser que representaba los movimientos de los planetas, del Sol y de la Luna en sus recorridos irregulares, bien como, eclipses del Sol y de la Luna. Es de suponer que el aparato total se situaba dentro de una esfera metálica y hueca que giraba, accionada por fuerza hidráulica, representando el cielo de estrellas fijas y cuyo interior se podía ver por una abertura. Según relatos, sobre el año 60 de nuestra era, se encontraba en el comedor del emperador Nerón, una máquina que se movía dentro de una cúpula “incesantemente día y noche como el universo mismo”.*

Com a queda do Império Romano veio a Idade Média que perdurou cerca de um milênio (séc. V até o séc. XV). Durante todo esse período histórico, o desenvolvimento dos conhecimentos técnico e científico ficou praticamente estagnado no Ocidente e a Igreja

---

<sup>9</sup> Para mais detalhes sobre a origem dos planetários e sua evolução histórica, cf. Barrio (2002).

Católica passou a habitar o imaginário das pessoas com seus pensamentos místicos e supersticiosos<sup>10</sup>.

Porém, os árabes desenvolveram, notoriamente, conhecimentos científicos relacionados à Astronomia nesta época, uma vez que possuíam planetários e globos celestes durante a Idade Média. Barrio (2002) comenta que foram os árabes, por volta do séc. VIII, que elaboraram pela primeira vez uma reprodução do céu no interior de uma cúpula fixa. Tal representação encontra-se no interior de uma cúpula da residência *Qusayr'Amra*, no sul de Damasco, atual capital da Síria.

Com o fim da Idade Média, surgiram os primeiros planetários mecânicos. Os modelos mais antigos ainda eram movidos por forças hidráulicas e, posteriormente, foram introduzidos métodos mecânicos de relojoaria para simulação dos movimentos. Seus inventores já faziam uso do sistema heliocêntrico, concebido matematicamente por Nicolau Copérnico no início do séc. XVI.

De acordo com Barrio (2010, p. 166-7),

Entre 1644 e 1646, o mecânico Andreas Busch, seguindo conselhos do matemático Olearius, construiu o globo terrestre e celeste de Gottorp, a pedido do duque Federico III da Holsácia. Feito em cobre com um diâmetro externo de 4m e 3,2 em seu interior, onde possuía um banco no qual podiam sentar-se dez pessoas. Nesse interior, foram colocadas as estrelas fixas e as constelações, e, no exterior, a superfície terrestre. O globo, com um eixo inclinado 54,5°, girava por ação de força hidráulica e reproduzia os movimentos dos astros, com duas representações, celeste e terrestre, baseadas nos dois hemisférios, conhecidos naquela época.

Em 1682, Huygens inventou o relógio de pêndulo, e o utilizou na construção de um planetário que se conserva até os dias atuais. Também, no começo do século XVIII, George Graham, inventor do pêndulo de compensação, construiu na Inglaterra um planetário para o príncipe Eugênio, no qual se reproduziam vários fenômenos astronômicos: a mudança do dia e da noite, as estações, as fases da lua (*sic*), eclipses e a trajetória geral dos planetas.

No final do século XIX, Rittenhouse fabricou, em Chicago, um Planetário com uma precisão admirável, ao considerar o movimento elíptico dos planetas. Paralelamente, depois de sete anos de trabalho, Eise Eisinga criou na cidade holandesa de Franeker, um planetário mecânico, no qual os seis planetas e suas luas, até então, conhecidas giravam em tempo real ao redor de uma grande bola de ouro brilhante. Esses “astros”, suspensos em uma grande sala de teto plano, eram impulsionados por um mecanismo de relojoaria ajustado ao tempo natural.

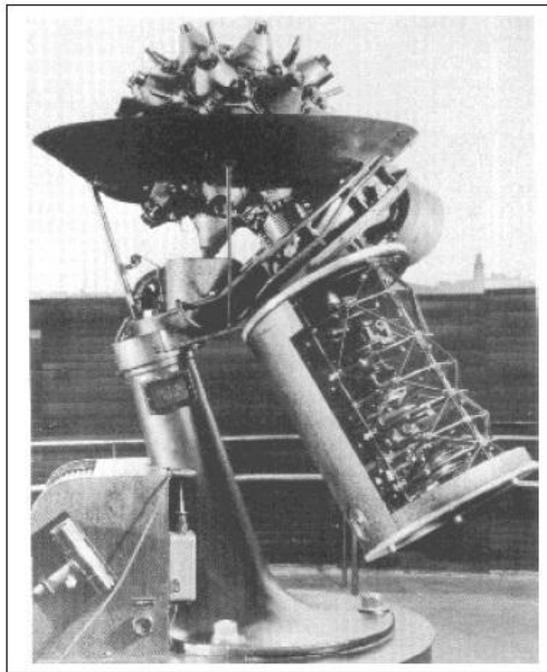
<sup>10</sup> A Idade Média ficou profundamente marcada pelas ideias da Igreja Católica. Os impactos no avanço da construção do saber científico foram bastante negativos, haja vista que a teoria da esfericidade terrestre foi abandonada neste período, sendo que os gregos na Antiguidade Clássica já admitiam tal formato para a Terra. Segundo Zanetic (1995 apud GATTI; NARDI, 2010, p. 184-5), “a produção científica dos gregos sofreu um período de estagnação e até retrocesso no período compreendido entre o início da era cristã e o surgimento da mecânica nos séculos XVI e XVII. A concepção de universo esférico dos gregos era incompatível com a doutrina da Igreja, baseada em uma interpretação literal da Bíblia”.

No início do séc. XX foi produzido em Chicago um planetário no qual os movimentos dos astros já eram animados por um motor elétrico. Barrio (2002) afirma que o planetário de Eisinga, criado na Holanda no final do séc. XIX, é considerado o principal modelo antecessor dos modernos planetários de projeção.

Em decorrência do “*gran progreso de la óptica, el desarrollo del instrumental y el de la electricidad a principios del siglo XX hicieron posible la creación del primer Planetario de proyección*” (op. cit., p. 212). Foi a primeira vez, na história da humanidade, que o céu estrelado brilhou artificialmente dentro de uma cúpula.

Segundo Barrio (op. cit.), o primeiro projetor de planetário do mundo foi criado por Walter Bauersfeld em 1923 e inaugurado publicamente em maio de 1925 no Museu Deutsches em Munich, Alemanha (Figura 02). Tal equipamento foi construído na fábrica da Zeiss<sup>11</sup>, localizada na cidade alemã de Jena.

**Figura 02 – Primeiro Planetário de Projeção do Mundo**



**Fonte:** Barrio (2002).

---

<sup>11</sup> Empresa alemã que leva o nome de seu fundador, Karl Zeiss. Segundo Mourão (1987, p. 882), Zeiss foi um ilustre “mecânico alemão nascido em Weimar a 1816 e falecido em Iena a 3 de dezembro de 1888. Fundou em 1846, em Iena, uma fábrica de instrumentos de óptica que se tomou famosa pelos seus excelentes microscópios. Depois de 1866, o físico Abbe passou a colaborar com Zeiss, com quem se associaria em 1875. Depois de 1891, a Karl Zeiss passou a ser administrada por Abbé, Schott e Czapski”.

O projetor possui basicamente uma esfera de 50 cm com uma lâmpada de tungstênio de 200 W e 31 projetores em forma de cone, cada um contendo um campo de estrelas hexagonal ou pentagonal. Outros 41 projetores colocados na esfera, com sua luz projetada na cúpula, representam a Via Láctea e os nomes das constelações. Todo este aparelho realizava a projeção da abóbada celeste do centro de uma sala escura, sob uma cúpula hemisférica branca e fixa de 16 metros.

O êxito na apresentação do planetário de projeção, em agosto de 1923, foi enorme ao passo que os técnicos da Zeiss começaram a fabricar outros aparelhos de projeção para atender a demanda de pedidos que emergiram naquele momento. Logo, o projetor criado no início do séc. XX por Bauersfeld se tornou

[...] a grande referência dos modernos planetários de projeção e serviu de modelo para aqueles que se construíram posteriormente. Evidentemente, desde a criação desse instrumento, aconteceram muitos progressos. Criaram-se planetários com duas esferas, uma para cada hemisfério e com projetores em cada uma dessas esferas para as estrelas fixas, que se adaptavam a todas as possíveis latitudes e que estavam conectadas por um braço no qual se encontravam os projetores dos planetas e do Sol. (BARRIO, 2010, p. 168)

Durante a 2ª Guerra Mundial (1939-1945), a Zeiss continuou construindo alguns planetários com cúpulas entre 6 e 8 metros, apesar de todos os problemas particulares ao período. Esses planetários foram utilizados para o treinamento de pilotos, cuja finalidade era a localização geográfica por meio da utilização do céu artificial (BARRIO, 2002).

Com a divisão da Alemanha após a guerra, a fábrica da Zeiss também ficou dividida em duas partes: uma privada em Oberkochen (Alemanha Ocidental) e a outra parte na cidade de Jena (Alemanha Oriental) sob o domínio estatal comunista, que chegou a instalar vários planetários com projetores universais no Leste Europeu e alguns na América do Sul.

Barrio (op. cit., p. 215-6) conta que

*El éxito de la aplicación del Planetario en la formación de los pilotos alemanes hizo que, después de la II Guerra, se construyeran muchos pequeños Planetarios para escuelas marítimas. Aparece en 1954 el pequeño Planetario ZKP1, apropiado para las clases de Astronomía, que satisfacía también las exigencias del entrenamiento en la navegación. Los primeros aparatos producidos después de la II Guerra se destacan por dos mejoras fundamentales con relación a los anteriores: el movimiento diurno y anual se realizan con velocidad que se podía regular, de forma continua, y la tabla de conexiones que se convierte en una mesa de mando. Además, se incluyen las figuras de las constelaciones, auroras, cometas, estrellas fugaces y el Sistema Solar animado.*

Poucos anos depois, em 1957, a Zeiss Oberkochen instalou o primeiro planetário do Brasil, na cidade de São Paulo. Construído no Parque Ibirapuera, o Planetário de São Paulo recebeu um projetor Modelo III da Zeiss que foi instalado no centro de uma cúpula de 20 metros de diâmetro com capacidade para 250 pessoas.

Por volta de 1968, foi construído o modelo VI que recebeu o nome *Spacemaster*. A partir do ano de 1970, seis unidades deste modelo foram instaladas no Brasil e entre eles está o Planetário da Universidade Federal de Goiás, localizado na cidade de Goiânia. Esses equipamentos vieram para o Brasil graças a um acordo internacional realizado com a República Democrática Alemã (RDA), conhecida como “ex Alemanha Oriental”. A encomenda foi feita na época pelo governo federal brasileiro à empresa da Zeiss Jena.

#### Quadro 01 – Planetários Adquiridos no Convênio MEC/RDA

Planetário (Instituição)	Equipamento	Data da Inauguração
Planetário da Universidade Federal de Goiás	ZEISS Spacemaster	23/10/1970
Fundação Planetário da cidade do Rio de Janeiro	ZEISS Spacemaster	19/11/1970
Planetário da Universidade Federal de Santa Catarina	ZEISS ZKP-1	12/12/1971
Planetário da Universidade Federal de Santa Maria	ZEISS Spacemaster	14/12/1971
Planetário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	ZEISS Spacemaster	11/11/1972
Planetário de Brasília	ZEISS Spacemaster	15/03/1974
Planetário do Colégio Estadual do Paraná	ZEISS ZKP-1	27/04/1978
Planetário da Paraíba	ZEISS Spacemaster	18/06/1982
Planetário de Campinas	ZEISS ZKP-2	28/10/1987
Planetário de Vitória	ZEISS ZKP-2	23/06/1995

**Fonte:** adaptado de Associação Brasileira de Planetários (ABP). Disponível em: <[www.planetarios.org.br](http://www.planetarios.org.br)>.

Todo o desenvolvimento tecnológico dos planetários de projeção, ao longo do séc. XX, está diretamente relacionado à fábrica alemã da Zeiss. Mas com a divulgação desses equipamentos ao redor do mundo e o acelerado avanço tecnológico, principalmente após a 2ª

Guerra Mundial, existem hoje diversas marcas e tipos de aparelhos capazes de projetar o céu estrelado no interior de uma cúpula.

Segundo Barrio (2002, p. 219),

*Actualmente puede encontrarse en el mercado una gran variedad de Planetarios de proyección de todos los tamaños y formas. Desde portátiles hasta fijos con 25 metros de diámetro en la cúpula, todos tienen un sistema que posibilita observar el cielo de forma clara y con efectos que llaman la atención. Destacar cual puede ser hoy, entre las muchas marcas y modelos (Goto, Spitz, Starlab, Zeiss, Kowa, Seiko, Minolta, Opton, Evans y Suntherland, etc.), el mejor aparato, es una tarea imposible, ya que todos ellos se diferencian sólo en el tipo de proyector y en los efectos especiales, visuales y sonoros, que son capaces de introducir.*

No final do séc. XX, precisamente na segunda metade da década de 1990, surgem os modernos planetários digitais e interativos, onde é possível proporcionar ao público um show cósmico altamente tecnológico. Em alguns planetários digitais, como o de Sevilha na Espanha, existem projetores de vídeo em alta definição que produzem imagens do céu em três dimensões (op. cit.).

Assim, os planetários digitais são capazes de produzir verdadeiros espetáculos cósmicos com seus recursos audiovisuais. O aumento da demanda por esses equipamentos, aliado ao enorme crescimento da tecnologia no final do último século, fez com que os planetários de projeção se proliferassem mundo afora.

De acordo com Barrio (2010), na década de 1950 havia cerca de 50 planetários em todo o mundo, em 1970 existiam pouco mais de 700 e hoje esse número deve alcançar a marca de 3000 planetários.

No Brasil, a quantidade de planetários é bem modesta em relação aos números mundiais. De acordo com Almeida et al. (2010, p. 52), “no ano 2010 somam-se no Brasil, 37 planetários fixos assim distribuídos: 9 na região Sul, 18 na Sudeste, 7 no Nordeste, apenas 1 no Norte e 2 no Centro-Oeste”. Esses números se tornam irrisórios em relação aos Estados Unidos que possuem cerca de 2800 planetários (MARTINS, 2009).

O problema é que grande parte desses equipamentos é construído pensando mais no entretenimento e na diversão do que no ensino. Martins (op. cit.) alerta que existe atualmente uma tendência mundial em conceber os planetários como verdadeiras casas de espetáculos cósmicos. Com certeza, isto compromete bastante a visão educativa que os planetários devem

ter para se tornarem em um importante recurso didático para o ensino e a aprendizagem de Astronomia e áreas afins.

São poucos os planetários vinculados formalmente a instituições de ensino que possuem, de fato, um corpo docente comprometido com trabalhos voltados para programas pedagógicos de Astronomia. É preciso valorizar os planetários de projeção na perspectiva educacional, uma vez que tais equipamentos constituem a forma mais importante de apresentar a Astronomia na atualidade.

É neste contexto que Barrio (2010, p. 165) diz:

Os planetários constituem-se, no final do século XX e começo do século XXI, no “coração” dos espaços de divulgação das ciências que recebem as mais variadas denominações: Centros de Ciências, Casas de Ciências, Museus de Ciências etc. São espaços que possuem um conteúdo científico, com uma configuração moderna, que usam a tecnologia mais avançada possível, fazendo com que seja muito atraente a busca da finalidade a que se propõe: a educação e a cultura científica. O aspecto cultural vem se alcançando de forma satisfatória, entretanto a parte educativa tem um largo caminho a percorrer.

Portanto, esses equipamentos capazes de reproduzir a abóbada celeste no interior de suas cúpulas, isto é, os planetários, formam verdadeiros espaços que constituem locais privilegiados para a construção do conhecimento científico interdisciplinar, sendo o astronômico de forma mais evidenciada.

### 2.1.3 O valor educativo dos planetários

Os modernos planetários de projeção devem ter como objetivo principal a divulgação do conhecimento astronômico, em particular, e das ciências em geral. Portanto, o trabalho realizado em um planetário não pode estar desvinculado de metas pedagógicas que visam o ensino e a aprendizagem dessas áreas do conhecimento.

Barrio (2010) explica que o conceito de planetário, na perspectiva didática, torna-se mais correto ao considerar toda a estrutura física e todos os equipamentos que formam esses espaços de divulgação do conhecimento científico. O autor esclarece que

Costuma-se atribuir a denominação de planetário ao instrumento capaz de representar os objetos visíveis da esfera celeste e seus movimentos. No entanto, mesmo se referindo ao equipamento, na perspectiva didática, é melhor chamar de

planetário a todo o edifício que é destinado a concentrar, e no qual funcionam, este e outros instrumentos/equipamentos. (op. cit., p. 165)

Assim, para que os planetários sejam concebidos como espaços de ciência, cujo principal objetivo é a divulgação e o ensino de conhecimentos ligados à Astronomia e de outras áreas que interagem direta ou indiretamente com os eventos celestes, é preciso considerá-los na perspectiva que inclui todo o complexo vinculado à cúpula, e não somente ao projetor que simula o céu em seu interior.

Todo o aparato instrumental de uma cúpula de planetário possui peças fundamentais para o seu funcionamento. Geralmente, os planetários de projeção são acompanhados de uma mesa de comando que opera o projetor dentro da cúpula. No caso dos sistemas ópticos-eletrônicos, existe também um armário com gavetas de comando que acompanha a mesa. Essas peças formam sistemas operacionais que viabilizam a realização de uma sessão ou de uma aula dentro da sala de projeção de um planetário.

Além dos aparelhos que fazem parte deste complexo, existem os equipamentos de observação do céu real como os telescópios. Alguns planetários possuem observatórios com programas regulares que proporcionam aos visitantes observações de importantes fenômenos celestes, tais como a ocorrência de eclipses, passagens de cometas e a localização de planetas do Sistema Solar no céu noturno.

Neste contexto educacional, Martins (2009, p. 15) comenta que

Os Planetários, espaços educativos cuja função é o ensino, a divulgação e a difusão do conhecimento científico e de forma mais pronunciada o astronômico, buscam complementar o ensino formal, sob a forma de sessões audiovisuais, cursos, observação do céu e palestras sobre temas astronômicos. Estes espaços são de fundamental importância no ensino das ciências em geral e de Astronomia em particular e precisam ser estimulados a prosseguir e ampliar o seu trabalho com financiamentos, aumento e valorização de pessoal qualificado.

Isto faz com que os planetários sejam amplamente interdisciplinares, uma vez que os eventos astronômicos envolvem diversas áreas do conhecimento. Sabe-se que todos os fenômenos que envolvem a observação do céu são de competência da Astronomia e podem ser reproduzidos dentro desses espaços de divulgação científica.

Para que o trabalho realizado nos planetários seja eficiente, torna-se imprescindível o compromisso do corpo docente com a educação e seus objetivos acerca do conhecimento astronômico e de áreas afins. O ensino e a aprendizagem desses conteúdos, por meio do uso

de um planetário, exigem que seus profissionais sejam especialistas em Astronomia, versáteis e atualizados para realizar tais tarefas.

De acordo com Barrio (2010, p. 170),

Os profissionais que trabalham nos planetários devem buscar sempre divulgar o gosto pela Astronomia, pelos fatos e pelo entendimento dos conceitos astronômicos, assim como sua relação com os mais diferentes campos do conhecimento: Física, Literatura, Filosofia, Matemática, História, Biologia, Química, Arte, Geografia etc. Para realizar esta tarefa de modo satisfatório, é necessário ser disciplinado, preciso e claro ao divulgar o conhecimento astronômico nos programas e apresentações.

A prática docente deve dominar os recursos técnicos dos aparelhos que compõem o complexo vinculado à cúpula para que seja possível conduzir uma aula ou uma sessão audiovisual. Ao fazer desse espaço uma sala de aula, torna-se fundamental um bom domínio dos conteúdos trabalhados, uma eficiente metodologia de ensino e uma boa didática por parte dos docentes.

A interdisciplinaridade praticada no planetário recai sobre a versatilidade conceitual que o profissional deve ter ao usá-lo para fins pedagógicos. A aprendizagem nesses espaços, segundo Barrio (2002), só será efetivada na medida em que o ensino estiver muito bem estruturado e programado. Tudo isso faz da prática docente um grande desafio nos planetários.

A contribuição da Astronomia para a Geografia, por exemplo, é muito significativa, pois diversos temas geográficos estão diretamente envolvidos com os fenômenos celestes. Os movimentos da Terra, as estações do ano, a orientação geográfica, as fases da Lua, as marés, entre outros, constituem temas astronômicos de grande valia para as abordagens geográficas.

Sobreira (2002, 2005) enfatiza que a Cosmografia é um campo de estudos que se caracteriza pela interface dos conhecimentos terrestres e celestes, analisando as relações humanas e naturais com o Universo, e suas consequências para a organização do espaço. Trata-se da *Astronomia aplicada à Geografia*. Esta relação interdisciplinar é fundamental, haja vista que o céu e a natureza são indistinguíveis em determinados contextos<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Trata-se, aqui, de uma perspectiva conhecida por *holismo*. Alexander von Humboldt (1769-1859), fundador da Geografia moderna juntamente com Karl Ritter (1779-1859), formulou uma proposta holística de ciência na qual todos os fenômenos físicos e sociais são interdependentes e devem ser vistos em sua totalidade. Segundo Ferreira e Simões (1992, p. 61), Humboldt “[...] não se dedicava a só um ramo do conhecimento. As suas preocupações atingiam a botânica, a física, a química, a geologia, a astronomia. A geografia não estava sequer incluída como ciência nas suas reflexões. Para ele, a geografia era a geografia matemática, que tratava da

Dessa forma, é possível abordar diversos assuntos cosmográficos no interior de uma cúpula como “as conseqüências dos movimentos da Terra, como a sucessão dos dias e das noites, bem como o ciclo das estações do ano, noções das enormes distâncias astronômicas, visualizar as linhas imaginárias do Equador, meridianos, paralelos, trópicos e círculos polares” (MARTINS, 2009, p. 37).

Os planetários oferecem um cenário muito favorável para a explicação de tais fenômenos que, por sua vez, estão relacionados ao cotidiano das pessoas. Barrio (2002) afirma que esses espaços de ciência possibilitam e facilitam a compreensão de inúmeros temas astronômicos de grande relevância e aplicabilidade para o campo geográfico. São eles:

*Las coordenadas terrestres (latitud y longitud). Los husos horarios. La orientación geográfica. La esfera celeste para el lugar y para diferentes latitudes. La diferente visión del cielo según la localización geográfica. El movimiento general diario de los astros. Los diferentes movimientos de la Tierra. El plano del ecuador y la inclinación del eje de rotación de la Tierra. La eclíptica y el zodíaco. La localización de los Trópicos y las regiones climáticas. Las estaciones. El “Sol de media noche”. La diferente duración del día y de la noche conforme la época y la localización. Las fases lunares. Los eclipses solar y lunar. Los movimientos aparentes. Las estrellas y sus funciones de orientación y localizadora (la Cruz Del Sur o la Osa Polar, entre otras). Las constelaciones con sus mitos y diferentes concepciones, según la cultura de cada pueblo. Las galaxias visibles a ojo: la Vía Láctea, Andrómeda, la Nubes de Magallanes. (op. cit., p. 295-6)*

Grande parte desses temas está tão presente no cotidiano das pessoas que a maioria delas acaba não percebendo a ocorrência de tais fenômenos no dia a dia. Todos os eventos supracitados são de ordem astronômica, sendo que alguns deles são primordiais para o conhecimento geográfico.

Sabe-se que as estrelas são utilizadas desde a Antiguidade como meio de orientação, bem como o Sol e a Lua. A constelação do Cruzeiro do Sul é fundamental para determinar a direção do sul geográfico, enquanto que a Ursa Polar é utilizada para determinar o norte geográfico. As fases da Lua são primordiais para compreender a dinâmica das marés. Os fusos horários e o ciclo dia/noite estão relacionados ao movimento de rotação da Terra, enquanto que as estações do ano estão vinculadas ao movimento de translação da Terra.

A definição dos principais círculos latitudinais (equador, trópicos e círculos polares) está relacionada às posições dos equinócios e solstícios, isto é, ao movimento anual aparente

---

localização absoluta dos lugares. O seu principal objectivo era a procura de uma ciência integradora através da qual se pudesse demonstrar a harmonia da natureza, pois considerava a Terra um todo orgânico, em que os diversos fenômenos são interdependentes”.

do Sol no céu. Portanto, toda a base do sistema de coordenadas geográficas, composto pelos paralelos e meridianos, está diretamente relacionada aos fenômenos celestes.

Assim, “os temas astronômicos fornecem os elementos que completam o conjunto de fatores para a análise geográfica que interagem nos lugares, o que torna o estudo e a compreensão da Astronomia tão importante para a Geografia” (SOBREIRA, 2002, p. 30-1).

Consequentemente, os planetários se tornam importantes para a Geografia também, uma vez que é possível abordar tais conteúdos no interior desses espaços. As características técnicas dos planetários (proporcionado por todo o aparato instrumental que compõe o complexo da cúpula) transformam esses equipamentos em importantes recursos didáticos para o ensino e a aprendizagem da Astronomia e da Geografia.

Barrio (2010, p. 172) explica esta questão:

Os planetários podem reproduzir o céu noturno de qualquer lugar da Terra, em qualquer lugar do ano (*sic*) e em qualquer momento, seja do presente, do passado ou futuro, criando uma visão espacial bastante aproximada à real. Além disso, são capazes de reproduzir os movimentos e os ciclos, alguns dos quais podem durar milhões de anos, com a precisão de que poderia observar-se no céu, e acelerando para que se possa observar esse mesmo fenômeno em um intervalo de apenas poucos minutos. Eles são capazes também de criar ambientes que nenhum tipo de experiência em sala de aula, nem livro, nem o monitor de um computador podem fazê-lo, o que possibilita demonstrar princípios astronômicos de modo eficaz e apresentar a informação de forma que outros meios de comunicação não podem. Tudo isso possibilita ensinar as pessoas por meio da simulação do céu na cúpula do planetário e dos outros instrumentos e meios para que possam entender melhor e desfrutar mais do céu real quando estejam fora da cúpula.

Esta capacidade de reproduzir movimentos e ciclos da natureza que duram vários meses (como é o caso das estações do ano) em apenas poucos minutos, seja no presente, no passado ou no futuro, e em qualquer local da superfície terrestre, transforma os planetários em poderosos instrumentos didáticos para a atividade docente.

Esses equipamentos de projeção nos permitem viajar no tempo e no espaço por meio da simulação de um céu muito semelhante ao real. Dentro da cúpula, o aluno tem um contato direto com o céu estrelado de sua cidade, podendo observar as variações do céu em poucos minutos, tal como era no passado ou será no futuro.

É possível também, segundo Barrio (2002), viajar sem perigo a qualquer lugar da superfície da Terra e observar o céu de qualquer latitude terrestre, visualizar um buraco negro no espaço, espiar a origem do Universo por meio de uma viagem cósmica no tempo e no

espaço. Tudo isso no conforto das poltronas no interior das cúpulas, sem os inconvenientes da contaminação atmosférica, da iluminação urbana e das intempéries do tempo meteorológico.

Os recursos audiovisuais que compõem o complexo de uma cúpula estimulam bastante os sentidos dos alunos durante as sessões. Barrio (2002) e Martins (2009) afirmam que tal estímulo contribui para o aprendizado, pois o que é percebido e observado com vários sentidos simultaneamente se aprende melhor.

No entanto, é recomendável que se realize uma investigação *in loco* para verificar tal afirmação, uma vez que os alunos podem ficar muito excitados e eufóricos quando estimulados em demasia. Talvez isto contribua mais para o entretenimento e para a diversão do que para o aspecto educacional em um planetário, haja vista que existe atualmente uma tendência mundial em espetacularizar esses espaços.

A situação fica mais delicada quando se verifica que são pouquíssimos os planetários que trabalham articulados com o ensino formal. Sabe-se que os planetários possuem condições favoráveis para realizar este intercâmbio com instituições escolares e universitárias a fim de proporcionar o ensino e a aprendizagem de todos os conhecimentos relacionados ao céu, seja ele diurno ou noturno.

Ao considerar toda a complexidade que envolve a educação, a prática docente nos planetários deve estar sempre atenta aos objetivos educacionais por meio de um constante diálogo com as escolas. Dessa forma,

Para que o planetário se estabeleça como algo de relevante valor educativo é fundamental que se determine a que tipo de público se dirige cada programa, que exista uma relação dos programas do planetário com os planos e programas de estudos em vigor, vinculando os objetivos escolares e os do planetário. Isso pode ser alcançado mediante uma constante comunicação entre os professores e os profissionais do planetário, que, por sua vez, devem ser além de especialistas em Astronomia, versáteis, com habilidades para sala de aula e para falar em público, criativos, aptos e formados cientificamente. (BARRIO, 2010, p. 172)

Os esforços desta relação entre planetários e escolas, bem como faculdades e universidades, possuem uma importância fundamental para o ensino interdisciplinar que envolve a Astronomia e a Geografia nos planetários.

Martins (2009) realizou um estudo no qual compreende os planetários na perspectiva da Educação não formal. Para o autor, a relação planetário/escola é bastante salutar para o processo de ensino e aprendizagem, pois “a sala de aula não é suficiente para que os

professores possam proporcionar aos alunos uma alfabetização científica qualificada, associada a um pensamento crítico da Ciência” (op. cit., p. 15).

Neste sentido, os planetários e os demais espaços não formais de ensino, têm atuado de maneira complementar ao ensino promovido nas escolas e universidades, isto é, instituições formais da Educação Básica e Superior, respectivamente.

Portanto, a relação entre os planetários e as escolas envolve outra relação: a interação entre Educação não formal e Educação formal. Essas duas frentes educacionais, segundo o autor, devem ser complementares entre si, uma vez que “a Educação não formal não pode substituir a formal, mas somar-se a ela na tentativa de suprir setores de ensino-aprendizagem que não são plenamente contemplados pela Educação formal” (op. cit., p. 21).

Martins conclui que

[...] as escolas têm se revelado incapazes de realizar de maneira completa a atividade de Educação a que se propõem. Dentro deste objetivo, os Museus e Centros de Ciências (e aqui incluímos os Planetários), como espaços não formais de Educação, podem complementar o Ensino formal de Ciências desenvolvido nas escolas. [...] Nestes espaços, visitas e cursos oferecidos a alunos e professores, podem proporcionar a oportunidade de presenciar mais diretamente determinados fenômenos naturais e conhecer mais detalhadamente alguns fatos relevantes da História da Ciência o que permite aos estudantes um contato mais direto com o pensamento científico, sua linguagem, símbolos e conceitos. (op. cit., p. 24)

A contribuição fornecida às escolas e universidades evidencia o valor educativo desses espaços de divulgação do conhecimento científico. Entretanto, Barrio (2002) alerta que os planetários em geral trabalham muito desarticulados do ensino formal, sendo que a grande maioria deles está voltada para a informalidade, diversão e entretenimento, e não propriamente para a formação conceitual e científica.

A aproximação dos planetários em relação aos objetivos da Educação formal que, por sua vez, envolve a aprendizagem dos diversos domínios de conteúdos trabalhados ao longo da alfabetização escolar e universitária, se torna um grande desafio para os profissionais que atuam nestes centros de ciência. De acordo com o autor,

[...] este medio tan poderoso para ejercer nuestra actividad docente es utilizado de forma muy poco formal y continuada. Una de las tareas que se nos plantea es la de buscar una mayor conexión entre la capacidad de divulgación de los Planetarios y las instituciones educativas, fortaleciendo la relación entre enseñanza formal e informal. (op. cit., p. 305)

Estreitar os laços desta relação é fundamental para efetivar os planetários enquanto espaços educativos interdisciplinares, sendo que eles podem contribuir para os três domínios da aprendizagem: os conteúdos conceituais, os procedimentais e os atitudinais.

Para Barrio (2002, 2010), os planetários – quando articulados e compromissados com a Educação formal – podem proporcionar aos seus visitantes a aprendizagem de conceitos astronômicos e a compreensão de modelos científicos; o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a capacidade de raciocinar crítica e cientificamente; e de desenvolver atitudes e valores capazes de construir uma imagem científica para o Universo e para o homem.

Portanto,

O planetário é ideal para o ensino em todos os níveis, incluída a formal na universidade ou a qualificação dos professores, desde que desenvolvamos uma metodologia e usemos o recurso didático deste instrumento como suporte de construção de conhecimento e de desenvolvimento intelectual. Entendemos que, dessa forma, podemos romper com a estrutura unidirecional da sala de aula tradicional, ao mudar as regras que, do nosso ponto de vista, supõem uma formalidade das relações professor e aluno. (BARRIO, 2010, p. 176)

Trata-se de um espaço privilegiado para a construção do conhecimento científico, no qual o complexo arquitetônico da cúpula pode proporcionar um ambiente enriquecedor para o ensino e a aprendizagem da Astronomia e da Geografia, bem como de todos os outros campos do saber relacionados aos eventos celestes.

Assim, os planetários configuram locais propícios para abordar temas astronômicos de grande valia para os estudos geográficos, como é o caso do assunto contemplado pela pesquisa: as estações do ano.

O tema é de grande importância para a sociedade em geral, pois falar em estações do ano significa trazer o conhecimento para o nosso cotidiano. Conforme relata Sobreira (2010, p. 54), a compreensão das estações do ano “é de suma importância para o entendimento das diferentes paisagens climáticas, botânicas, dos ciclos agrícolas, e também para compreender as definições conceituais dos principais paralelos de latitude, tais como: os trópicos e os círculos polares”.

## 2.2 O PLANETÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Na região centro-oeste do Brasil, uma das cinco macrorregiões do país, existe atualmente apenas um planetário em funcionamento. Este espaço de ciência pertence à Universidade Federal de Goiás (UFG) e se localiza em Goiânia, capital do Estado de Goiás.

O Planetário da UFG foi o terceiro a ser inaugurado no Brasil e hoje possui 43 anos de existência. Fundado em 23 de outubro de 1970, o Planetário da UFG é um órgão suplementar do atual Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) que, por sua vez, possui dois cursos de graduação: Geografia e Ciências Ambientais.

O Planetário da UFG realiza atividades que abarcam a tríade da educação pública e universitária brasileira: extensão, pesquisa e ensino.

### 2.2.1 Um breve histórico

A origem do Planetário da UFG, segundo Almeida et al. (2010), remonta ao final da década de 1960, quando o então Ministério da Educação e Cultura<sup>13</sup> realizou um convênio internacional com o governo da ex República Democrática Alemã (antiga Alemanha Oriental) em troca de dívidas que tinha com o Brasil por conta do comércio exterior do café.

Por meio deste convênio, chegaram ao Brasil equipamentos diversos da fabricante alemã Zeiss Jena, tais como telescópios e planetários de projeção. Conforme já citado, esses instrumentos foram instalados nas cidades de Goiânia, Rio de Janeiro, Florianópolis, Santa Maria, Porto Alegre, Brasília, Curitiba, João Pessoa, Campinas e Vitória (vide Quadro 01).

A história do Planetário da UFG, em particular, está relacionada com um pedido realizado pelo Prof. José Ubiratan de Moura. Nesta ocasião, o referido docente solicitou ao governo federal um telúrio que é um tipo de planetário de mesa, no qual é possível demonstrar os movimentos de rotação e translação da Terra e da Lua. Trata-se de um modelo didático do sistema Sol-Terra-Lua com referencial heliocêntrico, conforme Figura 03.

---

<sup>13</sup> Atualmente, este ministério do governo federal encontra-se desmembrado em Ministério da Educação (MEC) e Ministério da Cultura (MinC).

**Figura 03 – Telúrio ou Planetário de Mesa**



Modelo didático que representa o sistema Sol-Terra-Lua. Este modelo possui um referencial heliocêntrico e está fora de escala. **Fonte:** Sobreira (2002).

Martins (2009, p. 38) conta que

[...] o Planetário da UFG teve sua origem no Departamento de Geografia do Instituto de Química e Geociências, por iniciativa do Prof. José Ubiratan de Moura que, na época ministrava a disciplina de Cosmografia. Com o objetivo de obter um dispositivo que possibilitasse demonstrar aos seus alunos as causas dos fenômenos das estações do ano e fases da Lua, solicitou a aquisição de um Planetário para a demonstração dos referidos fenômenos. Na verdade o que o ilustre professor pretendia adquirir era um telurium/lunarium, um pequeno Planetário que pode ser instalado em uma mesa e que reproduz os movimentos de rotação e translação da Terra e a translação da Lua com suas fases.

À época o Ministério da Educação e Cultura havia adquirido 06 (seis) Planetários Spacemaster da Jena-Zeiss, fabricante de aparelhos óticos da então Alemanha Oriental. Como um desses Planetários destinava-se à cidade de Goiânia, diante da solicitação do Prof. José Ubiratan de Moura, dois planetários foram encaminhados para a capital goiana. Alguns depoimentos ao DOPS (Departamento de Ordem Política e Social) foram necessários para explicar porque o professor estava adquirindo equipamentos de um país comunista. Esclarecidas as dúvidas, ficou decidido que um dos Planetários seria instalado em Goiânia e o outro foi encaminhado para a Universidade Federal de Santa Maria (RS).

A chegada dos equipamentos em Goiânia surpreendeu a todos que, a princípio, esperavam apenas um pequeno planetário de mesa (telúrio). Almeida et al. (2010, p. 16) relatam que a surpresa foi enorme, pois “o que foi entregue não caberia na mesa do Prof.

Ubiratan: um Planetário Zeiss Jena Spacemaster e um telescópio Zeiss, Cassegrain 150 milímetros de diâmetro e distância focal 2.225 milímetros”.

Conseqüentemente, tornou-se necessária a construção de um prédio para alojar adequadamente o planetário de projeção. Por meio de acordos entre a UFG e a prefeitura de Goiânia, o local escolhido para a construção da sede do Planetário foi o Parque Mutirama, no centro da cidade.

O prédio construído pela prefeitura ficou muito mal acabado, apresentando várias deficiências em sua estrutura física e nas instalações realizadas. O projeto desse prédio se baseou em planetários alemães, mas a sua execução foi muito ruim ao passo que a cobertura externa não suportou as chuvas logo no primeiro ano (ALMEIDA et al., 2010).

As infiltrações e os vazamentos dentro da cúpula foram inevitáveis. Os problemas foram se agravando com a presença de fungos nos aparelhos, danos na camada de proteção antitérmica da cúpula e na parte metálica da estrutura. O funcionamento do sistema óptico-eletrô-mecânico do projetor Zeiss Spacemaster ficou totalmente comprometido.

Almeida et al. (op. cit., p. 18) contam que no dia “29 de agosto de 1972 o Planetário parou de funcionar, devido a esses problemas com as infiltrações de águas pluviais no edifício, e ainda, às deficientes instalações elétricas, a iluminação defeituosa, o inadequado sistema de ventilação e ar condicionado da sala de projeção”.

Os equipamentos ficaram danificados e, por falta de recursos financeiros da UFG, o planetário ficou sem funcionar por mais de três anos. Durante essa paralisação, chegou a ser cogitada a transferência do projetor Spacemaster para o Estado de São Paulo, mas por intermédio de um acordo interno realizado pela reitoria da UFG ficou decidido que o planetário não seria entregue a outra cidade.

A UFG decidiu restaurar o equipamento e reformar o prédio do Planetário da cidade de Goiânia. Por meio deste acordo,

A Universidade Federal de Goiás ficou com a parte de recuperação e conserto do projetor e o governo do estado de Goiás (SUPLAN), em nome do governador Irapuan Costa Júnior, com a ampliação e construção do prédio atual. Para isso, os técnicos da SUPLAN obtiveram informações para o projeto junto aos construtores dos prédios dos planetários de Porto Alegre-RS, Santa Maria-RS e Montevideu (Uruguai). (op. cit., p. 21)

O projetor Spacemaster teve que ser enviado à cidade de Porto Alegre, capital gaúcha no sul do Brasil, pois lá morava um ex-engenheiro da Zeiss: o alemão Edgar Buhler. Ele era diretor de uma empresa especializada no ramo, cujo nome era Centro Técnico de Manutenção de Aparelhos Científicos (CETEMAC).

Buhler foi o responsável pela recuperação do aparelho e os reparos foram realizados com sucesso. Após a finalização da obra de ampliação e construção do novo prédio, o Planetário da UFG foi reinaugurado no dia 30 de março de 1977 (ALMEIDA et al., 2010).

Desde então, este espaço de ciência funciona ininterruptamente com exceção de pequenas pausas para manutenção do equipamento (MARTINS, 2009). A cúpula interna foi revestida por uma estrutura que deu um novo visual para a paisagem do Planetário da UFG. A sala de projeção e suas poltronas foram mantidas e continuam as originais até hoje<sup>14</sup>.

Na década de 1990, durante a diretoria do Prof. José Aloísio da Silva, houve o cercamento do entorno do Planetário da UFG e foi construída uma entrada própria, independente do Parque Mutirama.

### 2.2.2 A estrutura física e funcional

No início de 2007 houve uma importante reforma interna e externa no complexo do Planetário da UFG. De acordo com Almeida et al. (op. cit.), foi construída uma nova sala de aula com capacidade para 60 pessoas e a antiga sala de aula foi dividida em dois ambientes: uma sala de reuniões e um espaço de convívio. A antiga sala dos professores se transformou provisoriamente em uma biblioteca que, atualmente, é a sala de estudos e informática.

Em 2009 e 2010 houve pequenas reformas no prédio e no interior da cúpula. Foi instalado um novo sistema de iluminação e foram adquiridos novos projetores de imagens e alguns computadores. A biblioteca passou a compor a sala de reuniões.

No ano de 2012 ocorreu outra reforma que ampliou a sala da biblioteca, agora com seu próprio espaço. Nesta última reforma foram realizados alguns reparos no teto do edifício, conforme ilustrado na Figura 04.

---

<sup>14</sup> Sobre mais detalhes da história do Planetário da UFG, cf. Almeida et al. (op. cit.).

**Figura 04 – Vista Externa do Planetário da UFG**



Imagem obtida em setembro de 2013. **Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

Atualmente, o Planetário da UFG possui uma importante estrutura física composta pela sala de projeção (a cúpula), biblioteca, sala de aula, sala de estudos e informática, sala de equipamentos e mais três salas para o corpo docente, sendo uma para cada professor. Existem também duas secretarias e alguns recintos básicos como banheiros, copa e almoxarifado.

O Planetário da UFG possui quatro telescópios profissionais<sup>15</sup> que são utilizados no próprio pátio de entrada para observação do céu diurno e/ou noturno durante as aulas e os cursos ministrados. Toda sua estrutura possibilita a realização de diversos tipos de programas voltados para o ensino, o que significa dizer que este planetário possui uma forte dimensão pedagógica e cultural em torno de suas atividades.

Entendendo o conceito de planetário, na perspectiva educacional, enquanto todo o complexo arquitetônico que aloja o projetor central no interior de uma cúpula e que concentram todos os outros equipamentos disponíveis, tais como telescópios, computadores,

<sup>15</sup> Além do telescópio Zeiss Cassegrain que veio junto com o Spacemaster em 1970, o Planetário da UFG adquiriu posteriormente mais três telescópios por meio de recursos advindos de projetos de pesquisa financiados pelo CNPq. Trata-se de 01 telescópio Celestron, Maksutov-Cassegrain, com 200mm de abertura e distância focal de 2.000mm; 01 Meade, Newtoniano, com 254mm de abertura e distância focal de 1.016mm; e 01 Meade, refrator com 152mm de abertura e distância focal de 1.200mm (MARTINS, 2009).

data-show, projetores periféricos, entre outros, acredita-se que o Planetário da UFG reúne condições devidamente adequadas para o ensino e a aprendizagem da Astronomia e da Geografia, assim como de outros campos do saber relacionados aos fenômenos celestes.

No centro de toda essa estrutura está o projetor Zeiss Jena Spacemaster, o “coração” do Planetário da UFG. Para um equipamento óptico-eleto-mecânico da década de 1970, esse modelo de planetário de projeção atingiu, praticamente, a perfeição para abordar Astronomia de Posição (ou Astrometria ou, ainda, Astronomia Fundamental)<sup>16</sup>.

Nenhum Spacemaster no Brasil funcionou integralmente porque não houve manutenção da fabricante alemã, pois era muito caro e o governo não financiava tais despesas. Existem comandos e funções que nunca funcionaram no Spacemaster do Planetário da UFG como, por exemplo, a cintilação das estrelas.

O projetor Spacemaster é para cúpulas médias (entre 10 e 16 metros de diâmetro). Esta é uma recomendação da própria Zeiss. Seguindo tal conselho, a prefeitura de Goiânia construiu uma cúpula com 12,5 metros de diâmetro e capacidade para 124 pessoas. Este é o terceiro planetário inaugurado no Brasil, o segundo com um projetor Zeiss e, atualmente, é o mais antigo equipamento Zeiss em funcionamento no país (ALMEIDA et al., 2010).

Dessa forma, o projetor do Planetário da UFG exige muitos cuidados técnicos e sucessivas manutenções para sua conservação<sup>17</sup>. Barrio (2010) explica que apesar das mudanças tecnológicas que estão sendo incorporadas nos últimos anos, tais como os planetários digitais, a preservação deste aparelho de funcionamento manual é uma “opção do corpo docente, considerando que a experiência nos demonstrou que as possibilidades didáticas desse modo são muito maiores” (op. cit., p. 169).

---

<sup>16</sup> Áreas do conhecimento astronômico cujo sistema de referência é topocêntrico, isto é, a partir da superfície da Terra. Segundo Lima Neto (2011, p. 02), o “objetivo da *astronomia de posição* ou *astrometria* é o estudo das posições dos astros na esfera celeste e de seus movimentos. Sem dúvida, a astronomia de posição é a mais antiga das ciências. Desde a pré-história, as sociedades têm um grande interesse pela posição e movimento dos astros. Estes movimentos, ligados aos ciclos naturais (dia e noite, estações do ano, etc.), regiam as atividades econômicas (plantação e colheita, criação de animais, etc.)”. (grifo do autor)

<sup>17</sup> Almeida et al. (2010) contam que em 2005 houve um encontro da Associação Brasileira de Planetários (ABP) em Goiânia. Tal evento foi sediado nas dependências do Planetário da UFG e, durante o encontro, a sala de projeção ficou disponível para quem quisesse operar o Spacemaster. Segundo os autores, “naquela ocasião foi notório e muito comentado por todos os participantes, o ótimo estado de conservação e funcionamento das peças do projetor Spacemaster, o mais antigo projetor Zeiss em funcionamento no país” (op. cit., p. 34).

**Figura 05 – Cúpula do Planetário da UFG**

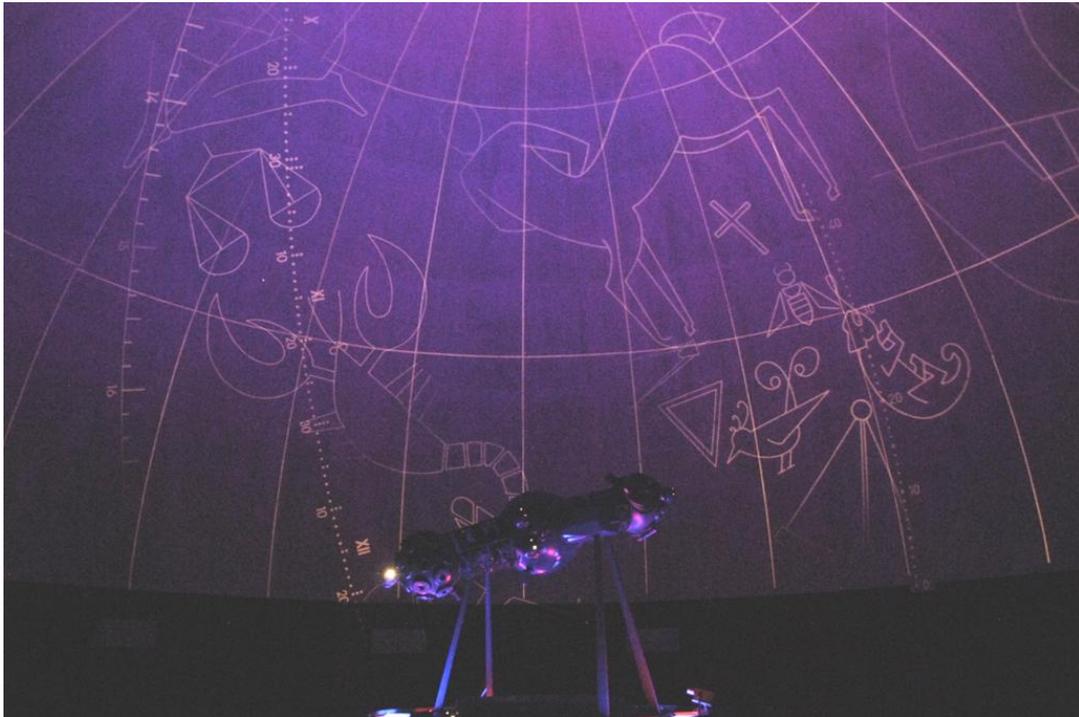


Imagem da cúpula onde as sessões são exibidas. Ao centro o projetor Zeiss Jena Spacemaster e ao fundo o círculo do equador celeste (lado esquerdo), o círculo da eclíptica (linha pontilhada) e algumas constelações do Zodíaco projetadas na tela hemisférica. **Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

O sistema óptico-eleto-mecânico do Planetário da UFG é composto por quatro peças fundamentais para o seu funcionamento. São elas: o projetor Zeiss Spacemaster; a cúpula hemisférica, na qual se encontra a tela de projeção no teto côncavo; a mesa de comando que possibilita operar o projetor; e o armário com gavetas de comando que recebe as ordens mecânicas da mesa de comando para executar os movimentos desejados (ver seção 4.3).

A cúpula possui uma estrutura física bastante peculiar, pois seu teto é hemisférico. Este formato que a caracteriza está diretamente relacionado com a principal função de um planetário: reproduzir o céu artificial por meio da projeção e simulação da esfera celeste. Trata-se de uma sala circular (concêntrica) com o projetor instalado no centro.

Logo, a forma do teto hemisférico da cúpula tem a função de reproduzir o céu da maneira como nossa percepção visual o concebe, isto é, de modo esférico. Conforme já considerado, esta esfera ou abóbada celeste é aparente porque não distinguimos as distâncias relativas entre os astros por estarem distantes demais da Terra. Conseqüentemente, tem-se a impressão de estarmos no centro de uma gigante esfera transparente e giratória, cujo raio é infinito e as estrelas estão fixas em sua superfície.

A tela hemisférica no teto côncavo da cúpula simula justamente esta percepção visual que os olhos humanos têm do céu. Assim, a forma da cúpula é determinada pela função do planetário. Santos (2008) afirma que a forma pode ser definida como uma estrutura técnica responsável pela execução de determinada função, ou seja, as formas são dotadas de certos contornos e finalidades-funções.

Para o autor, “torna-se evidente que a função está diretamente relacionada com sua forma; portanto, a função é a atividade elementar de que a forma se reveste” (op. cit., p. 69). Desse modo, a função do planetário determina a forma da sala de projeção (a cúpula) que, por sua vez, revela sua estrutura física e funcional.

Além do Spacemaster, a cúpula do Planetário da UFG possui outros recursos audiovisuais como data-show, projetor de slides e alto-falantes. Em 2008 foi instalado um “novo sistema de áudio da cúpula do Planetário, de alta qualidade, adequado às apresentações das sessões, equivalente ao som usado em cinemas. A equipe regravou e modificou duas sessões antigas, em 2009 e 2010, para melhor utilizar esse novo sistema de som” (ALMEIDA et al., 2010, p. 63).

O Planetário da UFG possui mais de 30 programas audiovisuais<sup>18</sup> que foram elaborados pelos profissionais que já trabalharam ou ainda trabalham neste centro de ciência, além de algumas sessões advindas de outros planetários brasileiros.

Almeida et al. (2010) comentam que essas sessões sempre apresentam conceitos e conhecimentos astronômicos como se fosse uma aula. Por outro lado, os recursos audiovisuais da cúpula proporcionam ao público uma espécie de show cósmico, levando em conta que a aprendizagem pode ser mais prazerosa quando se desfruta dos temas com as experiências vividas dentro desses espaços de divulgação do conhecimento científico (BARRIO, 2010).

Trata-se, no entanto, de articular em certa medida o ensino com o lazer, o que pode tornar a tarefa da aprendizagem bem mais agradável. O que deve ser evitado é a supervalorização da diversão e do lazer em detrimento do ensino e da aprendizagem, como acontece em vários planetários atualmente.

---

<sup>18</sup> A lista das sessões produzidas pelo Planetário da UFG pode ser encontrada em Martins (2009), Almeida et al. (op. cit.) ou no endereço eletrônico: <<http://www.planetario.ufg.br>>. Algumas dessas sessões não são exibidas atualmente por estarem desatualizadas e outras por questões técnicas.

### 2.2.3 As atividades exercidas

As sessões audiovisuais oferecidas pelo Planetário da UFG ao público em geral são uma das principais atividades exercidas por este espaço de ciência. Tais sessões utilizam projetores periféricos da Zeiss e da Sky-Skan, além dos diapositivos (slides) e das imagens produzidas em computador. Segundo Almeida et al. (2010, p. 47),

O conjunto desses elementos, a trilha sonora, a narração, a iluminação, as imagens e os movimentos dos projetores fazem com que as sessões se assemelhem ao teatro (na iluminação e no roteiro), aos programas de rádio (na narração, nas músicas e nos efeitos sonoros) e ao cinema (exibição de imagens em uma tela acompanhada por sons), mantendo as características essenciais de um Planetário tais como as projeções em toda a cúpula hemisférica e as poltronas reclinadas de acordo com sua localização na sala.

As sessões na cúpula são exibidas quase que diariamente. Durante a semana, com exceção de segunda-feira, são realizadas sessões escolares previamente agendadas e nos finais de semana ocorrem sessões abertas ao público em geral. Martins (2009, p. 41) relata que

São agendadas sessões de terça a sábado, em horários matutinos, vespertinos e noturnos, para as escolas da rede particular e pública. Aos domingos são realizadas sessões públicas no período vespertino. As sessões de domingo obedecem a um calendário pré estabelecido que prevê uma sessão infantil e outra geral de tal maneira que os programas são trocados a cada mês. Novos programas elaborados são inseridos gradativamente no calendário anual<sup>19</sup>.

Além das sessões na cúpula, o Planetário de Goiânia oferece cursos semestrais de iniciação à Astronomia, observações ao telescópio, cursos de extensão, de graduação e de pós-graduação. Em nível de graduação, o curso de Geografia oferece em sua matriz curricular as disciplinas “Astronomia” e “Tópicos em Astronomia”, sendo a primeira obrigatória e a segunda eletiva. Algumas turmas da disciplina “Cartografia I” realizam suas atividades no planetário e existem, também, disciplinas de Núcleo Livre para as Ciências Exatas.

Em março de 2007 iniciaram-se as atividades do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* – nível mestrado – em Educação em Ciências e Matemática<sup>20</sup>. Com sede no próprio planetário, a abertura deste programa expandiu a área de atuação no ensino superior dos professores vinculados ao planetário.

<sup>19</sup> Os horários, as programações mensais e os contatos para agendamento escolar estão disponíveis em: <<http://www.planetario.ufg.br/pages/18099>>.

<sup>20</sup> Disponível em: <<http://mestrado.prppg.ufg.br/>>.

Assim, o Planetário da UFG oferece várias atividades e programas educativos para atender não só a comunidade acadêmica, mas também as escolas e o público em geral da cidade de Goiânia e de outros municípios que se localizam nas adjacências da capital goiana. Além de atender escolas e universidades do interior de Goiás, o Planetário da UFG já recebeu instituições de ensino do Distrito Federal, Triângulo Mineiro e do Estado do Tocantins.

Sendo o único planetário em funcionamento no centro-oeste, o Planetário da UFG recebe cerca de 40 mil visitantes por ano (ALMEIDA et al., 2010). Mas de acordo com Martins (2009), visitá-lo é, ainda hoje, um acontecimento inédito para a maioria dos professores e alunos.

Todos os programas educativos que são oferecidos pelo Planetário da UFG lhes concedem uma forte dimensão pedagógica e didática em torno de suas atividades. Para Leite (2005), tais características transformam esses lugares em verdadeiros espaços culturais, entendendo cultura e educação como categorias indissociáveis.

Os espaços culturais oferecem serviços educativos para a comunidade em geral (como é o caso dos museus, por exemplo). Nesta perspectiva, a autora afirma que “essa dimensão pedagógica que se procura resgatar traduz-se mais explicitamente na busca de propiciar ao público uma experiência cultural significativa por meio de atividades conhecidas como ‘serviços educativos’” (op. cit., p. 35).

No caso do Planetário da UFG, esses serviços encontram-se nas sessões audiovisuais oferecidas ao público geral e às escolas e universidades que o visitam<sup>21</sup>.

Este espaço de ciência é o segundo maior projeto de extensão da UFG, ficando atrás apenas do Hospital das Clínicas. Trata-se de um meio didático que pode transmitir conhecimentos científicos para toda a sociedade. Devido à sua abrangência institucional, científica, educacional e cultural, o Planetário de Goiânia desempenha funções que atuam nos três tipos de Educação: formal, não formal e informal (ALMEIDA et al., 2010).

Carvalho (2005) alerta que as distinções entre Educação formal, não formal e informal são marcadas por uma grande falta de consenso, pois há uma forte semelhança nos

---

<sup>21</sup> As sessões destinadas ao público geral nos domingos custam, por pessoa, R\$ 6,00 (adulto) e R\$ 3,00 (estudante). As sessões escolares durante a semana também são cobradas. Entretanto, o Planetário da UFG oferece gratuitamente alguns cursos de extensão e cursos semestrais de iniciação à Astronomia. As atividades relacionadas à UFG, tais como as aulas das disciplinas de graduação em Geografia e Ciências Ambientais, do Núcleo Livre e do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, não se enquadram nesta perspectiva dos serviços educativos, pois estão vinculadas ao ensino formal da universidade.

objetivos e compromissos com a formação dos indivíduos. Portanto, vale “tecer algumas considerações sobre as diferentes tipologias da educação como elementos de identificação de parte dessa especificidade” (op. cit., p. 122), uma vez que o campo educacional é bastante amplo e complexo.

Segundo Coombs e Ahmed (1975 apud VÁZQUEZ, 1998, p. 12),

*Educación informal tiene aquí el sentido de un proceso que dura toda la vida y en el que las personas adquieren y acumulan conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el medio ambiente.*

*Educación formal es, naturalmente, el “sistema educativo” altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado que se extiende desde los primeros años de la escuela primaria hasta los últimos años de la Universidad.*

*Educación no formal [...] es toda actividad organizada, sistemática, educativa, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje a subgrupos particulares de la población, tanto adultos como niños.*

Fazendo uso das reflexões e definições acima, Almeida et al. (2010, p. 53) afirmam que no Planetário da UFG,

[...] a *Educação informal* é compreendida como aquela que ocorre na visitação do público para assistir as sessões que o Planetário oferece usualmente.

Já a *Educação formal* é aquela que ocorre dentro da instituição Universidade Federal de Goiás e é regulamentada pelo governo. O curso de graduação em Geografia oferece a disciplina Fundamentos de Astronomia<sup>22</sup> e os Núcleos Livres de Astronomia e Astrofísica I e II para as Ciências Exatas, todas ministradas totalmente no espaço físico do Planetário da UFG.

[...] as atividades de estudos e pesquisas de alguns alunos do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do IESA, também se realizam no Planetário da UFG sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira.

A *Educação não-formal* é realizada quando as escolas do Ensino Fundamental e Médio e também universidades em geral, realizam atividades, geralmente aulas, no Planetário. Essas atividades podem ser visitas, sessões sobre os programas que o Planetário exhibe, aulas especiais sobre o tema Astronomia entre outras. (grifo nosso)

#### 2.2.4 O corpo docente

Atualmente, o corpo docente da equipe do Planetário da UFG contém dois professores efetivos e um substituto. O Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio é o atual diretor do planetário e o outro docente efetivo é o Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira.

<sup>22</sup> Após as mudanças implementadas em 2011 na grade curricular dos cursos de Geografia e Ciências Ambientais, esta disciplina passou a se chamar apenas “Astronomia”. Disponível em: <<http://www.iesa.ufg.br/pages/34056>>.

Eles formam a atual equipe de professores permanentes e ambos possuem pesquisas de doutorado na área de Ensino em Astronomia.

O quadro encontra-se reduzido em decorrência da saída recente do Prof. Isaul Gonçalves Gontijo e da aposentadoria do Prof. Ms. Cláudio Souza Martins, que saiu no início de 2013. Em março deste ano, foi contratado temporariamente o Prof. Ms. Manoel Alves Rodrigues Junior que também possui pesquisas relacionadas ao Ensino de Astronomia.

No momento, o planetário aguarda as tramitações legais da UFG para que seja liberado um concurso público para provimento efetivo de docentes. O objetivo é suprir as recentes ausências em seu quadro de funcionários.

Apesar das atuais limitações quantitativas no corpo docente, o Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio afirma que o Planetário da UFG é o único no mundo que possui uma equipe composta por dois doutores, em tempo integral, formados na área de Ensino em Astronomia (ALMEIDA et al., 2010). Tais profissionais são lotados no próprio planetário e possuem cargos de dedicação exclusiva.

Isto significa dizer que, em termos qualitativos, o Planetário da UFG possui uma considerável riqueza em recursos humanos, sendo que o aspecto educacional é o mais valorizado. Além do corpo docente, a equipe é composta por um técnico em eletromecânica, uma secretária administrativa, vários estagiários bolsistas, alguns voluntários, entre outros<sup>23</sup>.

Desse modo, os alunos dos cursos de graduação em Geografia e Ciências Ambientais da UFG possuem um importante recurso didático e científico para suas formações acadêmicas, seja na licenciatura ou no bacharelado, uma vez que tal espaço de ciência encontra-se vinculado formalmente ao IESA/UFG.

### 2.3 O REFERENCIAL TOPOCÊNTRICO E A CONCEPÇÃO GEOCÊNTRICA DE UNIVERSO

Conforme já considerado, o modelo de planetário que se impôs na atualidade representa a esfera celeste a partir de um referencial interno, no qual o observador se localiza dentro da esfera e a abóbada celeste se estende por cima de sua cabeça.

---

<sup>23</sup> A equipe completa encontra-se disponível em: <<http://www.planetario.ufg.br/pages/18089>>.

Sabe-se que este modelo de representação do céu é o mais fiel à realidade observada e que tal modelo exige sistemas maiores que permitem ao observador se instalar em seu interior por meio de uma sala de projeção, cujo formato é concêntrico e a cobertura é côncava.

Este referencial interno de representação da esfera celeste cria uma posição espacial que localiza o observador na superfície terrestre. Logo, tal sistema de representação é o mais natural e realista que existe, uma vez que ele coincide com o próprio local de observação das pessoas. Ou seja, o centro da esfera celeste localiza-se nos olhos de um observador que contempla o céu diurno ou noturno.

Trata-se de um sistema de referência chamado *topocêntrico*. Segundo Mourão (1987, p. 800), o referencial topocêntrico encontra-se “relativo às coordenadas e à sua periodicidade em um sistema de coordenadas cuja origem é o lugar de observação” que, por sua vez, está na superfície da Terra. A etimologia do termo “topocêntrico” é colocada por Boczko (1984, p. 231): “Topocêntrico = tropos (lugar) [grego] + centro = centrado no local”.

Portanto, o referencial topocêntrico constitui um modelo de universo baseado e interpretado na realidade observada. Conseqüentemente, ele parece ser o mais adequado do ponto de vista experimental, uma vez que tal sistema coaduna com o referencial estabelecido pelo ponto de vista que temos ao observar a natureza que nos envolve.

É provável que este referencial seja o mais antigo do mundo, haja vista que tal perspectiva encontra-se intrinsecamente relacionada à percepção sensorial das pessoas em relação à natureza. Boczko (op. cit.) afirma que uma das primeiras e mais óbvias constatações dos povos antigos foi o movimento diário aparente do Sol, onde se verifica pela manhã o Sol emergindo próximo ao horizonte e com o passar do dia ele se movimenta de modo a se afastar cada vez mais do horizonte, aproximando-se de sua culminação, para em seguida se aproximar novamente do horizonte, porém do lado oposto ao que se encontrava pela manhã.

Este é um movimento diário realizado pelo Sol acima do horizonte, no qual se delimita a parte clara do dia<sup>24</sup>. A percepção de sua trajetória, conforme descrição acima, é concebida justamente por um observador localizado na superfície terrestre. Considerando que toda a abóbada celeste, e não somente o Sol, nasce no lado leste e se põe no lado oeste, devido ao sentido do movimento de rotação terrestre, as civilizações antigas deduziram que o Universo inteiro girava em torno da Terra.

---

<sup>24</sup> “Horizonte = horos [grego] = limite” (op. cit., p. 28).

Boczko (1984, p. 258) explica que o “movimento diário aparente da esfera celeste [...] levou a humanidade à mais lógica das conclusões: a Terra estava no centro do *Mundo*, e todos os astros giravam em torno dela. A essa estrutura, com a Terra no centro, dá-se o nome de *Sistema Geocêntrico*” (grifo do autor).

Percebe-se, então, que o referencial topocêntrico encontra-se profundamente relacionado à concepção geocêntrica de Universo. Concepção esta que predominou, parcialmente, o pensamento humano durante toda a Antiguidade Clássica, principalmente na Grécia Antiga<sup>25</sup>.

Os referenciais geocêntrico e topocêntrico estão tão próximos que geram confusões, pois são tomados como sinônimos em algumas ocasiões. Entretanto, há uma diferença básica e fundamental na posição central que caracteriza cada um desses sistemas de coordenadas. Lima Neto (2011, p. 10) explica que

A escolha do ponto central do sistema de coordenadas é arbitrária e depende do problema astronômico em questão. Se o centro do sistema coincide com o centro da Terra, dizemos que o sistema de coordenadas é *geocêntrico*; [...] se o centro do sistema de coordenadas for um ponto na superfície da Terra, este sistema será *topocêntrico*. (grifo do autor)

Logo, os dois sistemas diferem entre si por meio da posição referencial que cada um possui, mas, por outro lado, torna-se importante dizer que ambos formam uma unidade, tendo em vista que ao abordar o céu, por meio do referencial topocêntrico, assume-se o olhar e a perspectiva geocêntrica do Universo.

### 2.3.1 O universo aristotélico

A Grécia Antiga marcou o início de uma produção sistemática que envolveu os conhecimentos celestes e terrestres (SOBREIRA, 2005), uma vez que os pensamentos científicos e filosóficos tornaram-se abstratos e surgiram as primeiras tentativas de explicar o mundo racionalmente, em contraposição às explicações míticas elaboradas até então (GATTI; NARDI, 2010).

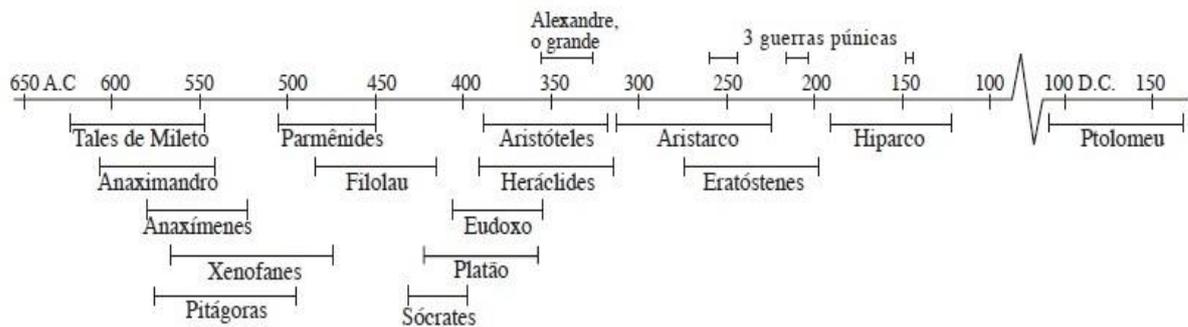
---

<sup>25</sup> Sobreira (2005) demonstra que na Grécia Clássica existiram modelos cosmográficos que explicavam o Universo a partir de outros referenciais como o sistema pirocêntrico – fogo central – de Filolau de Crotona (séc. V a.C.), o sistema heliocêntrico primitivo de Aristarco de Samos (séc. III a.C.), e alguns modelos híbridos como o geo-heliocêntrico de Heráclides do Ponto (séc. IV a.C.).

Foi a partir do séc. VII a.C. que os gregos começaram a elaborar teorias cosmológicas com o intuito não só de descrever as observações e os fenômenos celestes, mas também de explicá-las por meio de princípios lógicos e matemáticos (vide Figura 06). Porém, Lima Neto (2011, p. 74) alerta que “não podemos esquecer que foram as observações acumuladas por séculos pelos povos da Mesopotâmia e do Egito que possibilitaram de maneira fundamental o desenvolvimento da astronomia como ciência na Grécia clássica”.

Por volta do séc. IV a.C., segundo Martins, Godoi e Mascarenhas (2010), o modelo geocêntrico se consolidou na Grécia com os filósofos Platão e Aristóteles. Como Platão (~427 a 347 a.C.) foi mestre de Aristóteles (~385 a 322 a.C.), ele exerceu grande influência na obra de seu discípulo.

**Figura 06 – Linha Cronológica dos Principais Filósofos da Grécia Clássica que Influenciaram a Astronomia**



**Fonte:** Lima Neto (2011).

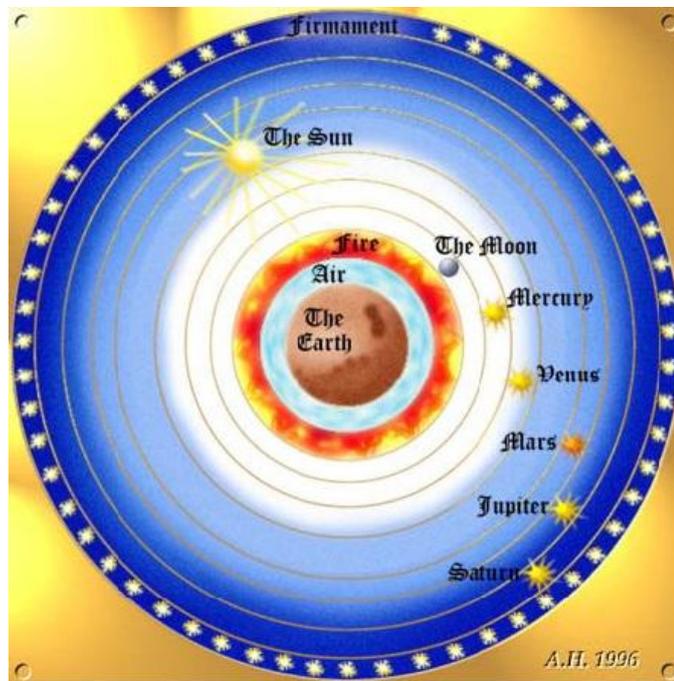
Para Aristóteles, a Física era a chave para compreender o mundo. Mas a Física, segundo ele, não significava o estudo das leis do movimento da matéria inanimada (sentido moderno de Física), e sim toda a natureza orgânica de qualquer ser. “Na verdade, o pensamento de Aristóteles, em função de seus conhecimentos médicos e seu interesse em Biologia, interpretava o mundo como se tudo fosse vivo” (BERNAL, 1965, p. 200 apud GATTI; NARDI, 2010, p. 181).

Pereira (1999) afirma que a visão cosmológica da Grécia Clássica considerava a natureza como orgânica, viva e dotada de inteligência. A natureza era explicada como um macrocosmo em analogia ao microcosmo do corpo e a presença da mente humana assegurava a ordem. A filosofia grega iniciou-se com os problemas da natureza e não do homem.

Percebe-se que, nesta perspectiva cosmológica dos gregos, o homem estava intrinsecamente ligado à natureza, sendo que posteriormente esta relação será rompida com o advento do pensamento moderno cunhado por René Descartes no início do séc. XVII (ALVES, 2011).

O objetivo de Aristóteles é encontrar a natureza das coisas e a Terra ocupa o lugar central do Universo que, por sua vez, está dividido em duas regiões: a terrestre e a celeste (GATTI; NARDI, 2010). A partir desta constatação, Aristóteles formulou um modelo de mundo dualizado, isto é, dividido em duas partes: a sublunar e a celeste.

**Figura 07 – Modelo Dual de Aristóteles**



Modelo cosmográfico dual de Aristóteles: Mundo Celeste esférico composto por éter; e Mundo Sublunar, também esférico, composto por terra, água, ar e fogo (os quatro elementos da natureza). Depois do fogo estão as esferas da Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno e o firmamento das estrelas fixas. **Fonte:** Sobreira (2005).

A ideia de movimento em Aristóteles é marcada pela concepção de *movimento natural*. Para ele, a Terra está dirigida para o centro do Universo, sendo que os corpos pesados movem-se para o centro da Terra incidentalmente, pois seu centro está no centro do mundo. Portanto, a Terra não se move.

A razão para o repouso do planeta Terra está em sua própria natureza de se mover de todos os lados para o centro. Gatti e Nardi (2010, p. 182) explicam a teoria do movimento natural concebida pelo filósofo grego:

Aristóteles formulou seu modelo de universo e sua visão sobre a natureza das coisas por meio da observação dos acontecimentos terrestres e celestes. No mundo sublunar, o movimento natural pode ser ascendente ou descendente, seguindo uma linha reta que passa pelo centro da Terra. Corpos pesados tendem a procurar o centro da Terra, ao passo que os leves tendem a seguir o sentido oposto. O movimento natural de um corpo composto de éter é circular e uniforme, de tal forma que o movimento descrito pelos corpos celestes é natural.

Neste modelo não havia a necessidade de que uma força agisse para causar a queda dos corpos (movimento natural), pois, Aristóteles rejeitava a possibilidade de uma ação à distância, assim como Platão.

Aristóteles afirmou também que o formato da Terra deveria ser esférico. Baseando-se em suas observações celestes, Aristóteles defendeu a esfericidade terrestre ao constatar que “durante um eclipse lunar, ao entrar ou sair da sombra da Terra, o formato observado na Lua é sempre circular, o que só poderia ser produzido por um corpo esférico” (op. cit., 182).

Outra constatação de sua teoria sobre o formato esférico da Terra está em seu princípio de que, se as partes iguais são adicionadas em todas as partes, as extremidades da Terra devem estar a uma distância constante e equivalente de seu centro.

### 2.3.2 O sistema de mundo ptolomaico

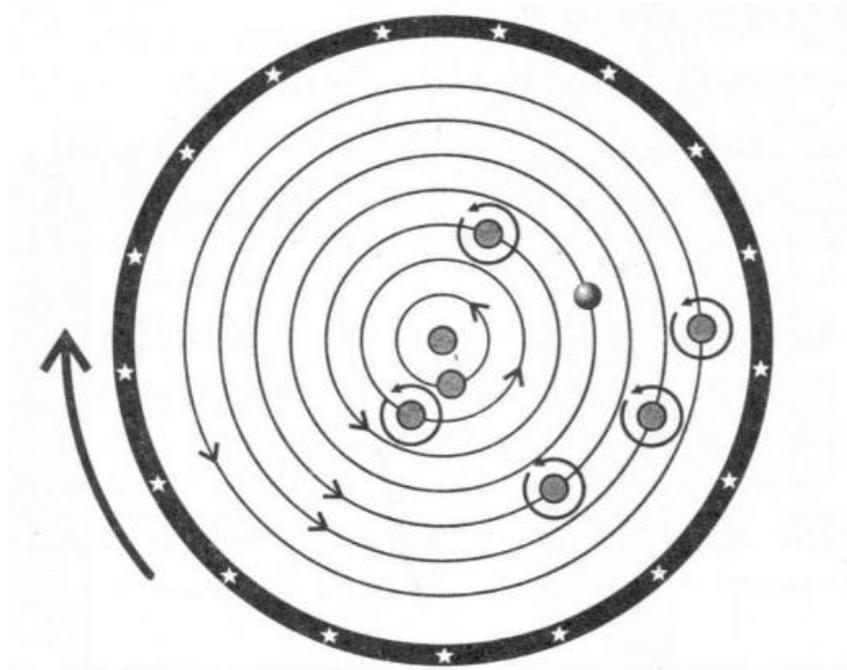
No início da era cristã, Claudio Ptolomeu (~90 a 170 d.C.) aperfeiçoou o modelo geocêntrico por meio de pequenos círculos chamados *epiciclos*, cujo centro se moveria em um círculo maior em torno da Terra, nomeado *deferente*. Delimitando o Universo, haveria uma grande esfera composta pelas estrelas fixas (vide Figuras 08 e 09).

A teoria dos epiciclos foi adotada para explicar o movimento retrógrado dos planetas ao longo do ano. De acordo com Sobreira (2005), tal teoria foi elaborada por Hiparco de Nicéia (séc. II a.C.) e adaptada posteriormente por Ptolomeu.

Boczko (1984, p. 260) explica que Ptolomeu verificou

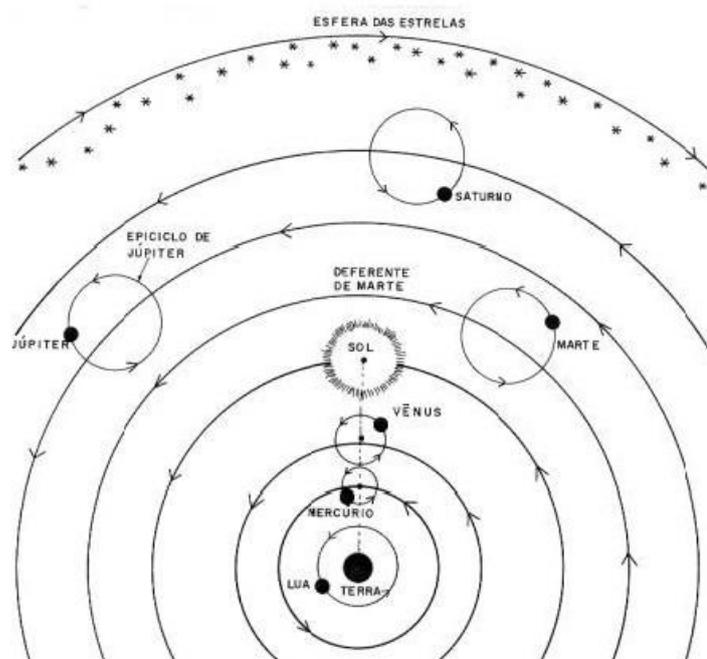
[...] que a posição ocupada pelos planetas na realidade nem sempre coincidia com a posição prevista pela teoria do movimento circular uniforme. Para não contradizer a noção arraigada de movimento circular, foi sugerida a *Teoria dos Epiciclos*: cada planeta giraria em movimento circular uniforme em torno de um ponto que por sua vez giraria em movimento circular uniforme em torno da Terra. A circunferência descrita pelo planeta recebia o nome de *Epiciclo* e a circunferência descrita pelo centro do epiciclo recebia o nome de *Deferente*. (grifo do autor)

**Figura 08 – Modelo Geocêntrico**



Modelo sistematizado por Cláudio Ptolomeu. Ao centro a Terra, depois a Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno e o círculo das estrelas fixas, delimitando o Universo. **Fonte:** Martins, Godoi e Mascarenhas (2010).

**Figura 09 – Teoria do Deferente-Epiciclo**



Modelo geocêntrico dos epiciclos e deferentes. Elaborado primeiramente por Hiparco de Nicéia (séc. II a.C.), este modelo foi adaptado posteriormente por Ptolomeu para fundamentar sua teoria geocêntrica do Universo. **Fonte:** Sobreira (2005).

Foi entre os anos de 127 e 151 d.C. que Ptolomeu propôs seu modelo geocêntrico para explicar a morfologia do Universo. Segundo Boczko (1984, p. 258), a “ordem de colocação dos planetas e [da] Lua a partir da Terra levava em consideração o período que cada astro apresentava para dar uma ‘volta’ na esfera celeste: os mais lentos eram supostos mais distantes”.

Sua principal obra, intitulada *Almagesto*, é formada por uma coleção de 13 livros que contém o mais completo catálogo de estrelas da Antiguidade, além de conter os fundamentos básicos do geocentrismo e do movimento aparente das estrelas. Tal obra foi amplamente utilizada pelos árabes durante a Idade Média.

O termo *Almagesto* vem do árabe e significa “o maior”. Barrio (2002, p. 85) explica que Ptolomeu realizou

*[...] un estudio sistemático del cielo, catalogando 1022 estrellas, y alrededor del 140 d.C. escribe su principal obra con trece libros, Mathematiks Sintaxis, de donde aparece más tarde el término árabe Al Magisti, Almagesto. Puesto que Europa conoció la obra de Ptolomeo en gran medida a través de las traducciones medievales árabes, eso explica que prácticamente todas las estrellas visibles en el hemisferio norte tengan nombres en árabe antiguo.*

Portanto, foi graças às traduções do grego para o latim, realizada pelos árabes, que grande parte da Europa Ocidental conheceu a obra de Ptolomeu ao longo da Idade Média. Conforme Barrio (op. cit.), o título original da obra era “A Coleção Matemática” (*Mathematiks Sintaxis*), mas em decorrência das traduções árabes o título ficou conhecido como “O Grande Astrônomo”, isto é, o *Almagesto* (Figura 10).

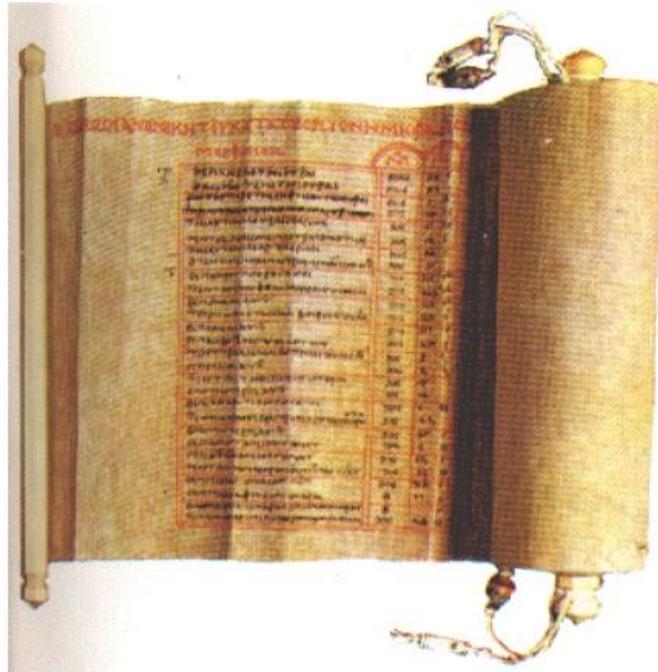
Peduzzi (1998 apud GATTI; NARDI, 2010, p. 182) afirma que o *Almagesto* “é um tratado matemático que sintetiza as tentativas anteriores de descrição do céu e possui amplo poder preditivo do movimento dos corpos celestes”. Tal obra elevou Ptolomeu ao status de um dos maiores astrônomos da Antiguidade Clássica, quiçá o maior.

Sua concepção geocêntrica do Universo aprimorou e sintetizou diversos modelos de mundo concebidos até então. Gatti e Nardi (2010) evidenciam que há uma continuidade entre as visões de mundo de Aristóteles e Ptolomeu. Segundo os autores,

A cosmologia de Ptolomeu é perfeitamente coerente com a doutrina aristotélica, o que evidencia que não existe a necessidade de uma nova física para explicar os fenômenos. Três pontos fundamentais estão presentes: 1) todo movimento no céu é

circular e uniforme; 2) os corpos celestes são constituídos de um material imutável; 3) a Terra é o centro do universo.

**Figura 10 – Almagesto de Claudio Ptolomeu**



Fragmento da principal obra de Ptolomeu. O Almagesto ficou conhecido como uma das maiores obras astronômicas da Antiguidade Clássica e sua influência perdurou até os séc. XVI e XVII, período marcado por grandes transformações na Europa Ocidental. **Fonte:** Barrio (2002).

Tal continuidade aponta para uma ausência de rupturas no desenvolvimento e na construção do saber científico daquela época, haja vista que Ptolomeu aprofundou e aperfeiçoou a cosmologia do modelo geocêntrico que já havia sido proposta por outros filósofos gregos anteriores a ele<sup>26</sup>.

Desse modo, a teoria geocêntrica desenvolvida e divulgada por Ptolomeu através de sua obra Almagesto, dominou expressivamente o cenário astronômico até o aparecimento do sistema copernicano no séc. XVI (GATTI; NARDI, 2010).

<sup>26</sup> Além de Aristóteles, Sobreira (2005) indica outros filósofos que, antes de Ptolomeu, elaboraram sistemas de mundo com referenciais geocêntricos, tais como Pitágoras, Platão, Heráclides do Ponto (modelo geoheliocêntrico), Apolônio de Parga e Hiparco de Nicéia. A Figura 06 ilustra a distribuição cronológica desses pensadores.

### 2.3.3 O auge e o declínio do modelo geocêntrico: a transição da ordem medieval para a modernidade

Alguns séculos após a morte de Ptolomeu, por volta da década de 470 d.C., a Idade Antiga chega ao fim com a queda do poderoso Império Romano na Europa Ocidental. O esfacelamento deste império provocou diversas “fraturas regionais e a subdivisão destas áreas foi a origem espacial do poder autônomo dos feudos, predominante na Idade Média” (GOMES, 2001, p. 51).

A Idade Média perdurou, aproximadamente, um milênio (do séc. V ao séc. XV). Diversos autores apontam que o conhecimento científico e filosófico desenvolvido pelos gregos na Antiguidade Clássica sofreu neste longo período histórico uma forte estagnação, ou até mesmo um retrocesso.

A Astronomia ptolomaica continuou sendo a grande referência, haja vista que o *Almagesto* se consolidou como a grande obra astronômica até meados do séc. XVII. Isto significa dizer que a obra de Claudio Ptolomeu permeou toda Idade Média influenciando os árabes que habitavam a região do Oriente Médio.

Koestler (1989) explica que o *Almagesto* se tornou uma espécie de “Bíblia da Astronomia” durante este período, uma vez que quase não houve progresso científico no campo da Astronomia neste interregno. Na verdade, desde o Império Romano no início da era cristã a construção do conhecimento em geral sofrera uma considerável paralisação, conforme relatado por Barrio (2002, p. 85-6):

*[...] la llegada del imperio romano, preocupado en consolidar su estructura política y económica, provocó un estancamiento de la ciencia, llegando varias veces a destruir parcial o totalmente los focos de la cultura griega. Las preocupaciones en Roma se centraban tan solo en la tecnología capaz de ofrecerles una producción bélica con el fin de aumentar sus conquistas. A la vez, la progresiva concentración del poder y de las riquezas en manos de unos pocos, el empobrecimiento de los comerciantes, artesanos y demás personas de la sociedad, y como no, el aumento de las grandes masas de esclavos, creó un ambiente donde no había lugar para el conocimiento. Los dioses vuelven a llenar el vacío del pensamiento, las religiones vuelven a fortalecerse y una nueva, el cristianismo, aparece con fuerza. (grifo nosso)*

A partir de então, a religião cristã com seus pensamentos místicos e supersticiosos, baseados em interpretações literais da Bíblia Sagrada, passou a habitar o imaginário dos

povos europeus ao longo da Idade Média. Concomitantemente, os conhecimentos celestes produzidos pelos gregos foram se perdendo com o passar dos séculos.

Segundo Sobreira (2005, p. 38),

A Astronomia Medieval européia estava em decadência e praticamente extinguiu-se entre os cristãos, pois a religião influenciou misticamente o imaginário popular cristão, alias, até nossos dias, sobre a materialidade do(s) céu(s) “para cima” e a posição do inferno “para baixo”, e reduziu a forma do planeta Terra a um misto de modelo de Terra plana de Tales de Mileto e o modelo dual de Aristóteles com o Mundo Celeste composto do éter e o Mundo Sublunar composto de terra, água, ar e fogo.

Dessa forma, a hipótese grega sobre a esfericidade da Terra foi totalmente abandonada pela Igreja Católica, ignorando-se diversos conhecimentos construídos anteriormente pelos gregos. Sobreira (op. cit.) afirma que os pensadores europeus desta época não tinham o menor interesse sobre os estudos celestes e terrestres, pois a cosmografia medieval europeia se baseava no livro Gênesis da Bíblia cristã em busca de uma ordenação do mundo e da negação da esfericidade tanto do céu quanto da Terra.

A visão de Universo dos europeus medievais, segundo Gatti e Nardi (2010), era dominada principalmente por duas ideias centrais: primeiro que a Terra tem o formato do Santo Tabernáculo<sup>27</sup>; e segundo que o firmamento está envolto de água. Tal formato terrestre encontra-se na topografia cristã – *Topographica Christiana* –, escrita no séc. VI d.C. pelo monge Cosmas Indicopleustes, e tal firmamento de água encontra-se no capítulo 1, versículos 6 e 7 do livro Gênesis (op. cit.).

Portanto, a concepção geocêntrica que prevaleceu durante a Idade Média era de cunho religioso, tendo em vista o expressivo domínio exercido pela Igreja Católica no Ocidente. Martins, Godoi e Mascarenhas (2010, p. 139) contam que

[...] o argumento mais forte do Geocentrismo, após o século XIII, seria de natureza religiosa (e, portanto, política, já que a influência política do clero perdurou por séculos): Deus habitara o centro do Universo; Cristo, o filho do próprio Deus, habitou a Terra; o homem, feito à sua imagem e semelhança de Deus, habitaria o centro do Universo e, conseqüentemente, este centro seria a Terra (a morada do homem), tornando os demais astros, as estrelas, por exemplo, apenas como enfeites, sendo imutáveis.

<sup>27</sup> Descrito no livro Êxodo, o segundo do Antigo Testamento, o Santo Tabernáculo tinha um formato retangular, no qual o comprimento era duas vezes maior que a largura.

Assim, criou-se uma espécie de dogma geocêntrico no qual a Igreja Católica ditava os preceitos da doutrina. A concepção geocêntrica do universo ptolomaico se tornou em um mero proselitismo cristão propagado pelo clero ao longo deste período histórico. Trata-se, na verdade, de uma perspectiva teocêntrica da ordem medieval.

A Terra “voltou a ser plana” por meio de uma adaptação retrógrada do modelo de Tales de Mileto (séc. VI a.C.) e o mundo ficou dividido em duas esferas (adaptação do modelo dual de Aristóteles). O movimento uniforme dos astros em círculos perfeitos também fazia parte do dogma geocêntrico e, segundo Boczko (1984), a ideia de tal movimento estava atrelada à hipótese de que o céu era um local perfeito e, portanto, o movimento dos astros deveria ser perfeito, sendo que a única figura capaz de materializar este movimento era a circunferência. Ideia esta que os europeus medievais herdaram dos gregos.

Apesar da dominação dogmática sobre os conhecimentos científicos e filosóficos elaborados na Grécia Antiga, o homem continuava habitando o centro do Universo, mas por razões distintas daquelas elaboradas por Ptolomeu. Enquanto o dogma geocêntrico era estabelecido no Ocidente, os árabes aprimoravam seus conhecimentos terrestres e celestes por meio das heranças gregas. Segundo Sobreira (2005, p. 37),

A Cosmografia Antiga do Mundo na Ásia, entre os árabes, se baseava nos conhecimentos da Grécia Clássica, porém, entre os intelectuais deste período, a Astronomia e os conhecimentos geográficos se separaram. Aos conhecimentos terrestres, os árabes se dedicaram em medir as dimensões da Terra – califa Al-Mamun (813-839) – e em elaborar mapeamentos mais precisos e com linhas geométricas imaginárias como limites territoriais, enquanto os europeus se dedicavam à “topografia cristã”, que era extremamente simplista e alegórica. *Quantos aos conhecimentos celestes, este foi o auge da Astronomia Islâmica fundamentada na Astronomia Ptolomaica.* Havia observatórios astronômicos no Oriente Médio e Próximo, onde se aperfeiçoaram instrumentos tais como o astrolábio e a bússola. (grifo nosso)

A Astronomia de Ptolomeu foi fundamental para o desenvolvimento dos conhecimentos árabes durante a Idade Média. Novas cosmovisões foram elaboradas pelos islâmicos neste período e os princípios da Trigonometria Esférica foram aplicados aos problemas práticos da Astronomia de Posição (op. cit.).

As traduções realizadas pelos árabes das obras gregas para o latim – a exemplo do Almagesto de Ptolomeu – proporcionou uma redescoberta do conhecimento grego na Europa Ocidental. Com o início das grandes navegações europeias no séc. XV, a Cartografia e a

Náutica se fortaleceram na Europa devido à aplicabilidade de tais ramos do conhecimento nas expedições marítimas.

De acordo com Sobreira (2005), a Geografia de Ptolomeu foi fundamental neste processo e ocorreu em Portugal, país pioneiro das expansões marítimas juntamente com a Espanha, a fundação da lendária e suposta “Escola de Sagres de Navegação e Cosmografia”. A partir do séc. XV, os conhecimentos cosmográficos e a prática da Náutica se tornaram fundamentais para o sucesso do mercantilismo na Península Ibérica.

O período histórico compreendido entre os séc. XV, XVI e XVII é marcado por uma agitação intensa que envolve vários eventos, tais como o movimento cultural europeu denominado Renascimento, a Reforma Protestante na Inglaterra, a descoberta europeia do continente americano por meio das grandes navegações, a derrocada do Império Bizantino no leste europeu, entre outros.

O alvoroço causado por tais eventos na Europa proporcionou o que muitos pensadores consideram o início da Idade Moderna. Devido à diversidade dos acontecimentos, existe um impasse quanto ao principal marco que estabelece a origem da *modernidade*. Segundo Pereira (1999), a modernidade se inicia para os historiadores com o Renascimento que rompe com a ordem medieval. Para a Filosofia, a modernidade é inaugurada com René Descartes (1596-1650) que estabelece um grande modelo de ruptura no qual introduz um novo princípio para o saber ao colocar o homem como fundamento deste saber. Já para Foucault, a modernidade coincide com o surgimento das ciências humanas que transformaram o homem em objeto de pesquisa.

Gomes (2003, p. 127) afirma que o movimento renascentista na Europa “fez nascer a necessidade de um novo modelo cosmológico, a fim de substituir o sistema geocêntrico, o único então aceito pela Igreja”, uma vez que tal sistema ficou reduzido a condição de um dogma teocêntrico na Europa medieval.

A partir do séc. XVI, o Renascimento proporcionou para a Cosmografia a elaboração de outros modelos de universo, bem como a redescoberta dos pensadores da Grécia Clássica (SOBREIRA, 2005). Tais mudanças abriram, principalmente, dois novos caminhos para a Geografia. Gomes (2003) explica que a adoção da Antiguidade Clássica como fonte primordial de toda inspiração renascentista, possibilitou o reencontro dos europeus com a obra de Claudio Ptolomeu. Segundo o autor,

A retomada da geografia ptolomaica conduziu à emergência, na pesquisa geográfica, de um modelo fundamental que perdurou até o advento da geografia científica. Este modelo era composto de uma cosmografia, a *Almageste*, e de uma *Geografia*. Esta última reagrupava um conjunto de mapas e de comentários relativos à dimensão e à forma da Terra, uma série de dados concernentes à localização rigorosa dos lugares e um conjunto de princípios gerais (chamado *Taxis*, que significa colocar em ordem) dando as regras do traçado dos mapas.

A finalidade da geografia de Ptolomeu era a cartografia. [...] Segundo Ptolomeu, o céu se dá ao nosso conhecimento, visto que ele gira ao nosso redor; a Terra, ao contrário, apenas se dá a conhecer por sua imagem representada nos mapas. (op. cit. p. 128, grifo do autor)

As obras renascentistas de inspiração ptolomaica provocaram uma repercussão na Geografia que enalteceu as representações terrestres por intermédio do uso e aprimoramento das técnicas cartográficas, uma vez que os interesses dos pensadores se voltaram para a superfície da Terra no séc. XVI (SOBREIRA, 2005).

A Geografia se tornou nesta época em um tratado descritivo e cartográfico que auxiliava a administração mercantil, efetuada por especialistas em Astronomia aplicada à Geografia, isto é, pelos cosmógrafos. De acordo com Sobreira (op. cit.), existiam coleções de mapas portulanos europeus que eram elaborados a partir de dados astronômicos de posição e dos conhecimentos de Geografia Matemática relacionados à Cartografia. Tais coleções formaram os primeiros “Atlas”.

A Idade Moderna, em seu princípio, se caracterizou por uma “busca de explicações mais profundas para as relações entre a Terra e os astros, entre as condições naturais e as sociedades” (PEREIRA, 1999, p. 53). Os novos sistemas de universo elaborados nesta época acompanhavam, em certa medida, as mudanças expressivas no campo das ideias filosóficas e científicas, proporcionadas pela Renascença.

O primeiro modelo cosmológico importante que surgiu foi concebido pelo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543). Com um referencial heliocêntrico e sete esferas concêntricas, incluindo o Zodíaco (vide Figura 11), tal modelo conseguiu explicar com simplicidade os movimentos retrógrados dos planetas.

Sobreira (2005) conta que a ideia de um sistema heliocêntrico não é nova, pois o primeiro modelo com o Sol no centro do Universo foi proposto por Aristarco de Samos no séc. III a.C. Como os gregos da Antiguidade Clássica foram a principal inspiração teórico-filosófica dos europeus renascentistas, certamente o modelo de Aristarco influenciou a obra de Copérnico.

Martins, Godoi e Mascarenhas (2010, p. 139), afirmam que Copérnico utilizou

[...] argumentos de trigonometria, estimou a distância da Terra até a Lua e o espaço que separa a Terra e o Sol. Na época do Renascimento, a produção de vidro, que levaria à produção de lentes e às futuras montagens de óculos para leitura e do telescópio, já ocorria com significativo domínio. Foi neste ambiente de transformação rápida, que Copérnico revisitou Aristarco e propôs sete axiomas principais para sustentar sua teoria.

### Figura 11 – Modelo Heliocêntrico

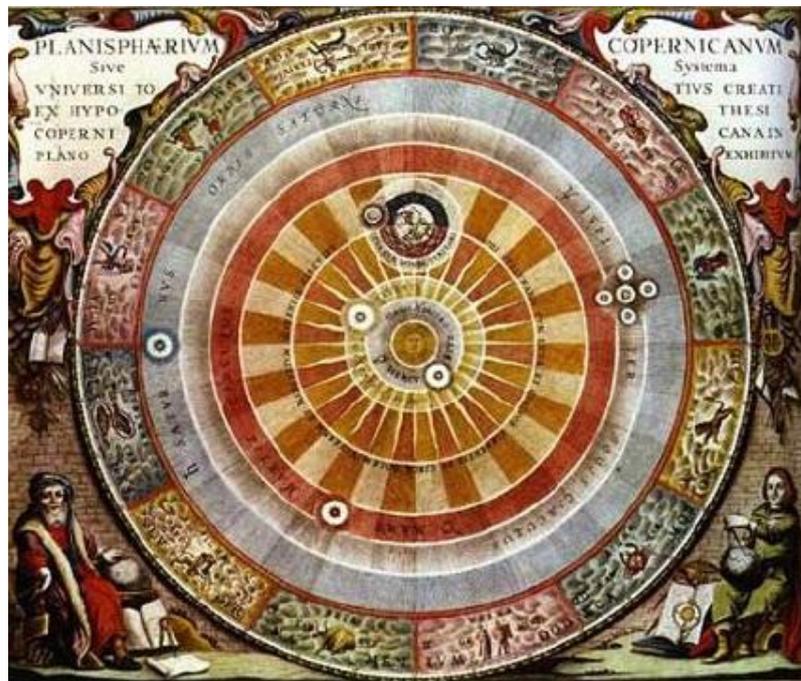


Ilustração de 1661 do modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico. Ao centro o Sol, depois as órbitas de Mercúrio, Venus, Terra, Marte, Júpiter com seus quatro satélites, Saturno e o anel do Zodíaco delimitando o Universo. **Fonte:** Sobreira (2005).

Tais axiomas estavam contidos em um manuscrito chamado *Commentariolus*. Os três primeiros axiomas já deixavam clara a ruptura provocada por este modelo em relação ao sistema geocêntrico, pois Copérnico colocara que os corpos celestes não se movem todos em torno do mesmo centro e que a Terra não é o centro do Universo, e sim o Sol.

Ao deslocar o homem do centro do Universo, Copérnico atingiu não apenas as teorias científicas e filosóficas, mas também os dogmas da Igreja Católica. Gatti e Nardi (2010) afirmam que Copérnico relutou por muito tempo em publicar sua grande obra – *De Revolutionibus Orbitum Coelestium* – em razão do temor que tinha em não ser capaz de provar e defender sua tese, e não por causa de uma possível perseguição religiosa.

Para alguns autores, o livro das Revoluções de Copérnico não possui tanta novidade científica quanto parece. Sobreira (2005, p. 42) comenta que “o fundamento matemático do modelo Heliocêntrico de Copérnico, pouco difere do fundamento do modelo Geocêntrico de Ptolomeu. Eles utilizaram os mesmos artifícios geométricos, sendo que a diferença estava na mudança do referencial para os movimentos dos planetas [...]”.

Outra semelhança entre os dois sistemas está na utilização da teoria dos epiciclos e deferentes na descrição dos fenômenos. O uso dessa teoria por parte de Copérnico ocorreu porque ele “*não questionou a validade do movimento circular na trajetória dos corpos celestes, e assim, alguns detalhes do movimento planetário não podiam ser explicados sem o auxílio de tais artifícios*” (GATTI; NARDI, 2010, p. 188, grifo dos autores). Assim como no sistema ptolomaico, o universo copernicano também é finito e possui as mesmas esferas celestes, inclusive a esfera das estrelas fixas.

Complementando tal linha de raciocínio, Martins (1994 apud GATTI; NARDI, 2010, p. 188) afirma que Copérnico “*não foi capaz de desenvolver a física que sua proposta de modelo heliocêntrico exigia, e algumas de suas explicações sobre o movimento ainda são impregnadas com a noção aristotélica de lugar natural*” (grifo do autor).

Percebe-se, então, que existe uma continuidade, por meio de tais semelhanças, entre as estruturas de universo desde Aristóteles até Copérnico. No entanto, a grande inovação introduzida por Copérnico em atribuir ao planeta Terra a mesma posição hierárquica ocupada pelos demais planetas, reservando o centro do Universo ao Sol, provocou uma forte mudança no *pensamento filosófico*, além de atingir diretamente o dogma geocêntrico da Igreja Católica.

Pereira (1999, p. 59-60) explica que

[...] Copérnico ao publicar, em 1543, o seu *De revolutionibus orbium coelestium* produziu, a partir da leitura dos antigos, as bases de uma revolução por tirar a Terra do seu “*lugar natural*”. Sua obra, no entanto, pode ser considerada simultaneamente revolucionária e conservadora. A nova astronomia exposta por Nicolau Copérnico desloca a Terra do centro do universo e explica o movimento dos planetas por uma hipótese heliocêntrica, ao mesmo tempo que conserva o princípio da circularidade dos movimentos e da perfeição das esferas. O significado filosófico desta nova teoria é profundo. [...] O verdadeiro significado da obra deste astrônomo polonês vai além e consiste não tanto em deslocar o centro do universo da Terra para o Sol, mas em implicitamente negar que o mundo tivesse um centro. [...] É importante considerar ainda que, ao tirar a Terra do centro do universo, na verdade Copérnico está tirando a Igreja do centro do mundo, já que até então fora o centro do planeta Terra em torno do qual girava todo o universo. Com ele se inicia lentamente a derrubada da explicação teológica. A verdade não estaria mais apenas nas Sagradas Escrituras. (grifo da autora)

A passagem do modelo geocêntrico de Ptolomeu para o modelo heliocêntrico de Copérnico desmanchou a ordem medieval cristã ao deslocar o homem do centro do Universo e, neste sentido, a obra copernicana é totalmente moderna. Gomes (2003) explica que a rejeição de uma finalidade teológica e a afirmação de uma “natureza humana”, juntamente com a possibilidade de um conhecimento lógico e racional desta multiplicidade (conforme preconizado por Descartes), são questões centrais da modernidade.

A consolidação do modelo heliocêntrico a partir dos séc. XVI e XVII provocou uma ruptura epistemológica na construção do saber. À luz do filósofo Michel Foucault, Pereira (1999) explica que a visão moderna de mundo não pode ser entendida de forma linear e progressista, isto é, como um mero aprimoramento de todas as visões cosmológicas elaboradas anteriormente.

Abandonando a pretensão de considerar o conhecimento atual como o ponto alto e o resumo ideal das culturas antigas, é possível perceber que não há uma mera continuidade no avanço do conhecimento humano, mas que, por vezes ele se dá através de mudanças radicais, verdadeiras revoluções sobre o modelo anterior. A imagem de um conhecimento adquirido gradativamente, num crescendo em busca da “*verdade*”, não corresponde à realidade onde uma história de lutas, rupturas, idas e vindas fizeram com que o saber humano atingisse o nível em que se encontra atualmente. Sob a aparente evolução *natural* do conhecimento abriam-se, por vezes, brechas que representaram golpes definitivos na estrutura do corpo de conhecimentos anterior. (op. cit., p. 58, grifo da autora)

Dessa forma, o heliocentrismo de Copérnico provocou mudanças muito mais substanciais nos campos filosófico e religioso do que propriamente no campo científico. Koestler (1989) confirma tal constatação ao dizer que o modelo copernicano teve muito mais relevância nas discussões teológicas e filosóficas do que lhe é atribuído verdadeiramente em ciência.

A questão é que, ao longo dos séc. XVII e XVIII, o modelo heliocêntrico de Copérnico foi sendo paulatinamente aprimorado por outros astrônomos que o adotaram como a hipótese mais plausível para explicar a morfologia do Universo. Johannes Kepler (1571-1630) contribuiu profundamente para este processo, uma vez que ele foi o responsável pelo fim da separação entre a Física e a Astronomia (GATTI; NARDI, 2010).

Até então, os sistemas de universo eram basicamente descritivos e não possuíam um questionamento sobre as causas físicas dos movimentos celestes. Com a morte de Tycho

Brahe<sup>28</sup> (1546-1601), Kepler herdou diversos dados precisos do observatório astronômico de Brahe, instalado na cidade de Uraniemburgo. Por meio dessa valiosa herança, Kepler buscou durante anos a concordância entre a teoria heliocêntrica e os dados observacionais, concluindo posteriormente que a *órbita elíptica* se mostrava mais adequada com os resultados da experiência.

Segundo Cohen (1967 apud GATTI; NARDI, 2010, p. 190),

Kepler deu, por fim, o passo revolucionário de rejeitar inteiramente os círculos, experimentado uma curva oval, e, finalmente, uma *elipse*. Para apreciar quão revolucionário era na realidade esse passo, lembremo-nos de que tanto Aristóteles como Platão insistiram em que as órbitas planetárias tinham que ser combinadas a partir de círculos, e que este princípio era lugar comum, tanto no *Almagesto* de Ptolomeu quanto no *De Revolutionibus* de Copérnico. (grifo nosso)

Logo, o princípio do movimento circular uniforme foi desmantelado por Kepler ao introduzir a órbita elíptica, sendo que a posição do Sol encontra-se em um dos focos da elipse. Com os resultados dos experimentos e a elaboração das três leis dos movimentos planetários, Kepler proporcionou uma verdadeira revolução científica no conhecimento astronômico de sua época.

Com a introdução do telescópio como instrumento científico, realizado por Galileu Galilei (1564-1642), e posteriormente com a lei da gravitação universal de Isaac Newton (1642-1727), a hipótese heliocêntrica do Universo estava consagrada pela ciência moderna.

A ampla popularização do modelo heliocêntrico nas universidades europeias provocou, diretamente, o declínio do modelo geocêntrico e a concepção ptolomaica de Universo foi praticamente abandonada pela ciência do séc. XVIII. Tais mudanças geraram implicações que recaíram sobre o ensino durante os séculos ulteriores.

Após a ampla divulgação do modelo Heliocêntrico no Renascimento, concebido matematicamente por Copérnico, aperfeiçoado por Kepler e explicado, posteriormente, por Newton ao utilizar a Lei da Gravitação Universal, o referencial Topocêntrico/Geocêntrico foi praticamente abandonado no ensino nos séculos XIX e XX. (SOBREIRA, 2010, p. 55)

---

<sup>28</sup> Astrônomo europeu que caracterizou a fundação dos primeiros observatórios astronômicos na Europa, antes mesmo da invenção e do uso do telescópio. Seu modelo de Universo é híbrido, buscando combinar as vantagens dos sistemas geo e heliocêntrico. Segundo Sobreira (2005), Brahe era um excelente observador do céu e o mais importante astrônomo de sua época. Seu modelo é ainda o mais próximo do que se observa a partir da Terra a respeito dos movimentos planetários, principalmente em relação à Venus e Mercúrio.

A substituição da teoria geocêntrica pela heliocêntrica percorreu um caminho linear ao longo do Século das Luzes. Gomes (2003) explica que a Física foi a base do modelo científico preconizado no séc. XVIII, sendo que a razão cartesiana se transformou em instituição – Ciência – no final deste século. Constituída por modelos experimentais, esta nova ciência teve nos fundamentos newtonianos sua principal inspiração, caracterizando a Física moderna e suas leis mecânicas sobre o movimento da matéria inanimada.

Assim, a ciência se estabelece enquanto o elemento fundador da modernidade, uma vez que o “discurso do saber é sem dúvida a interface que atravessa o conjunto de discussões da modernidade” (op. cit., p. 28). Tal discurso, segundo o autor, possui três elementos fundamentais que o apresenta como *fato moderno*: a imposição do novo, o caráter de ruptura e a ideia de totalidade.

O modelo heliocêntrico, após as contribuições de Copérnico, Kepler, Galileu e Newton, se consolidou como o novo sistema de mundo a ser seguido pela ciência, em substituição ao velho e antigo modelo geocêntrico de Ptolomeu. Com a imposição da nova teoria, a ruptura com a visão ptolomaica já estava estabelecida pela ciência moderna.

Nesta perspectiva, o pensamento moderno coloca que o novo sempre terá êxito sobre o velho por meio da “demonstração de sua superioridade e adequação de sua argumentação, continuando, assim, a marcha inexorável que visa a uma posição mais justa, mais adequada e mais poderosa do ponto de vista dos instrumentos da racionalidade” (op. cit., p. 30).

Em suma, a concepção geocêntrica do universo ptolomaico, juntamente com o seu referencial topocêntrico, praticamente desapareceu com o advento e a consolidação da modernidade no mundo ocidental.

#### 2.3.4 Problemas e perspectivas: possíveis articulações entre os referenciais topocêntrico e heliocêntrico no ensino de Geografia

Sabe-se que a identidade do fato moderno se encontra diretamente relacionada à ideia do novo. Portanto, toda teoria que se apresenta como moderna parte de uma negação àquilo que existia anteriormente que, por sua vez, passa a ser considerado como algo arcaico e superado. Gomes (2003, 48-9) é enfático ao afirmar que

O moderno possui uma ligação intrínseca com a contemporaneidade: *substitui alguma coisa do passado, defasada ou, simplesmente, alguma coisa que não encontra mais justificativa no tempo presente*. Daí vem a concepção de uma estrutura em progressão, segundo a qual o avanço e a mudança são sempre elementos necessários. [...] O “novo” torna-se sinônimo de *legítimo* e, em seu nome, busca-se toda gama de justificativas. (grifo nosso)

Este pensamento é central para os fundamentos da modernidade. Os impactos provocados por tais ideias, no que se refere às mudanças dos modelos cosmológicos, principalmente ao longo do séc. XVIII, geraram uma noção de que o sistema geocêntrico de Ptolomeu estava “errado” e o sistema heliocêntrico de Copérnico estava “correto”, uma vez que este modelo era novo, contemporâneo e moderno, enquanto aquele era antigo, obsoleto e ultrapassado.

A mudança do universo ptolomaico para o universo copernicano ocorreu de forma unidirecional, afetando diretamente o ensino de ciência. A escola, por sua vez, acompanhou fielmente este processo de mudança, demonstrando obviamente ampla obediência aos princípios modernos.

Lanciano (1989) afirma que as escolas apresentam os modelos ptolomaico e copernicano de maneira linear, onde uma ideia mais precisa da realidade sucede uma ideia mais antiga e menos precisa que, substituída pela nova, desaparece dos currículos.

Todavia, o abandono do sistema ptolomaico é questionável, pois o referencial topocêntrico é o mais adequado do ponto de vista experimental, isto é, da observação direta do céu a partir da superfície terrestre. Tal perspectiva considera os ensinamentos da Astronomia de Posição que, desde os primórdios da humanidade, construiu diversos conhecimentos valiosos acerca dos movimentos celestes e suas relações com os ciclos da natureza, tais como o dia e a noite, as estações do ano, as fases da Lua, as marés etc.

Sabe-se que estes ciclos naturais sempre foram fundamentais para a prática de atividades econômicas e de subsistência como, por exemplo, a pesca e a dinâmica dos ciclos agrícolas (plantação e colheita), bem como a criação de animais por meio da pecuária.

Outra prática fundamental do modelo geocêntrico está na Cartografia e na Náutica, tão utilizadas pelos europeus durante as grandes navegações dos séc. XV e XVI. Langhi (2010, p. 17) comenta que, nos dias atuais, o sistema geocêntrico é “amplamente utilizado para a navegação tanto aérea como marítima e espacial, pois funciona perfeitamente em nosso cotidiano [...]”, uma vez que condiz com nossa percepção sensorial do céu.

A passagem do referencial topocêntrico para o heliocêntrico, imposta pela ciência moderna, criou basicamente dois problemas: primeiro que o abandono do sistema ptolomaico desconsidera todo o conhecimento construído desde a Antiguidade até meados do séc. XVII; e segundo que a legitimação do referencial heliocêntrico criou um ponto de vista externo ao planeta Terra, provocando confusões tanto no ensino quanto na aprendizagem dos conhecimentos astronômicos e geográficos.

Para Barrio (2010) esta oposição criada entre as concepções geocêntrica e heliocêntrica gera um grande problema na aprendizagem de Astronomia, pois existe uma contradição entre o mundo científico e o mundo observado pelo aluno, onde este vive cotidianamente o referencial topocêntrico que se encontra em oposição à visão heliocêntrica da Astronomia, considerada como cientificamente correta.

Ao examinar o tema das estações do ano, Sobreira (2010) afirma que o sistema geocêntrico foi fundamental nos modelos cosmográficos da Antiguidade para ilustrar o movimento anual aparente do Sol na esfera celeste, o que torna tais modelos essenciais para o ensino. O autor alerta que

A abordagem das Estações do Ano somente pelo referencial Heliocêntrico desconsidera totalmente as conquistas intelectuais dos povos da Antiguidade por meio de observações do céu (*praticadas a partir da superfície terrestre, ou seja, pelo referencial Topocêntrico*), para os fenômenos climáticos, tais como as variações de insolação e dos comprimentos das sombras projetadas pelos objetos ao longo das horas e ao longo do ano. (op. cit., p. 48, grifo nosso)

Torna-se, portanto, necessário evidenciar a importância da concepção geocêntrica do Universo e, em certa medida, conciliá-la com a visão heliocêntrica concebida e legitimada pela ciência moderna.

Autores como Lanciano (1989), Bisch (1998), Sobreira (2002, 2010), Leite (2006), Primack e Abrams (2008), Barrio (2010), Langhi (2010), Leite e Hosoume (2010), entre outros, abordam as vantagens do referencial topocêntrico na análise do céu e a importância desta perspectiva na compreensão dos fenômenos celestes.

Lanciano (1989) discute esta questão e afirma que não se trata de uma eleição entre os dois modelos supostamente antagônicos, onde um é adotado e o outro excluído. Não há nenhuma razão prática que justifique o abandono do sistema geocêntrico. Para a autora, é preciso estabelecer uma manutenção entre os dois modelos.

*Me parece que se puede afirmar, a partir sobre todo de reflexiones sobre el lenguaje y el pensamiento adulto, que no se trata de realizar una elección que elimine una hipótesis para admitir otra: nadie deja de ser completamente tolemaico para hacerse simplemente copernicano. Se trata, más bien, de ser capaz y consciente de aceptar la posibilidad de mantener dos modelos diferentes, dos modelos de lenguaje para hablar de lo mismo: mantener la visión tolemaica cotidiana y su relatividad con respecto a un sistema del mundo en el que todo se mueve y no existen centros locales relativos. Se trata de descubrir la ductibilidad de nuestra mente y de ser capaces de hacer coexistir pensamientos diversos ante una misma realidad, por parte de nuestro pensamiento de adultos, alentados por la extraordinaria capacidad, que en este sentido, tienen los niños. (op. cit., p. 175, grifo da autora)*

Assim, os dois sistemas de universo apresentados – geocêntrico e heliocêntrico – constituem, na verdade, dois modelos de linguagem diferentes que se referem a uma mesma realidade, onde cada um possui seu ponto de vista particular. É preciso, portanto, articular tais modelos e descobrir a nossa capacidade cognitiva de fazer coexistir as diferentes formas de pensamento diante a realidade mundana. Daí a ideia da autora em *Ver e Falar como Ptolomeu e Pensar como Copérnico*.

A linguagem comum e a percepção sensorial sobre os eventos astronômicos estão relacionadas à visão ptolomaica. Devem-se utilizar os sentidos para o conhecimento e a observação direta do céu, a fim de constatar os “*elementos de la tridimensionalidad del espacio, la esfericidad de los objetos, la circularidad de los movimientos y su carácter continuo, la verdadera duración de los fenómenos [...]*” (op. cit., p. 180).

Viglietta (1986 apud BARRIO, 2010), por sua vez, após identificar algumas concepções de estudantes sobre o movimento dos astros, aconselha não indicar a visão heliocêntrica como “correta” e a geocêntrica como “errada”. Ao invés disso, o autor propõe situações de movimento relativo para compreender a equivalência entre os dois sistemas.

Em uma perspectiva semelhante, Leite (2006) defende a articulação entre o ponto de vista local e um ponto de vista exterior ao planeta Terra, equivalente ao referencial heliocêntrico. Baseando-se em tal articulação, a autora lança mão da ideia de “ver com os olhos e ver com a mente”.

Com o objetivo de desenvolver elementos da espacialidade cósmica, tais como a proporção entre os astros e as mudanças de perspectivas no espaço, Leite (op. cit.) realizou um estudo com professores da Educação Básica e detectou que a maior dificuldade dos docentes está na coordenação de diferentes pontos de vista; condição esta primordial para a construção do conceito de espaço.

Segundo a autora,

[...] torna-se imprescindível a compreensão da articulação existente entre o ponto de vista local, na superfície da Terra, no qual realizamos nossas observações do céu, e o ponto de vista do “espaço”, de onde se observaria a Terra vista de fora da mesma e que é comumente utilizado na explicação dos fenômenos mais presentes na mídia. (LEITE, 2006, p. 35-6)

Este ponto de vista do espaço, exterior à Terra, é chamado por Bisch (1998) de referencial “espaçocêntrico”, isto é, um ponto de vista do espaço cósmico de onde seja possível visualizar o planeta Terra como um todo. Segundo o autor, a “perspectiva ‘espaçocêntrica’ é essencial e indissociável da representação conceitual da Terra. O distanciamento obtido por esta perspectiva é fundamental à sua compreensão como um corpo cósmico” (op. cit., p. 116).

É como olhar para uma foto da Terra retirada do espaço ou observar um pequeno globo terrestre sobre uma mesa. Estes exemplos ilustram o distanciamento entre o ponto de vista do observador e o objeto observado (no caso, o planeta Terra). Por conseguinte, tal perspectiva equivale à visão heliocêntrica, uma vez que seu ponto de vista também está localizado fora da Terra.

A articulação entre os referenciais heliocêntrico e topocêntrico está condicionada ao aprendizado da coordenação dos diferentes pontos de vista no espaço. Bisch (op. cit.) argumenta que o uso do ponto de vista heliocêntrico relacionado ao ponto de vista local – topocêntrico – para explicar fenômenos básicos da Astronomia, tais como as estações do ano, as fases da Lua, os movimentos da Terra, entre outros, deve ser realizado nas séries finais do Ensino Fundamental devido à complexidade deste tipo de atividade.

O autor indica

[...] a realização de atividades práticas e experimentais, envolvendo *o uso de modelos tridimensionais*, acompanhadas de uma discussão que enfoque prioritariamente a necessidade de relativização do próprio ponto de vista. Nessas atividades é importante *a consideração de sua adequação ao estágio de desenvolvimento dos estudantes, sobretudo com relação à representação do espaço, à coordenação de distintos pontos de vista.* (op. cit., p. 260, grifo nosso)

Logo, a prática de atividades com modelos tridimensionais é fundamental neste processo de aprendizagem acerca da relativização dos pontos de vista e, conseqüentemente, da articulação entre as perspectivas topocêntrica e heliocêntrica, uma vez que tais modelos

(ou maquetes) permitem visualizar o transporte do ponto de vista “espaçocêntrico” ao ponto de vista local, situado na superfície terrestre, e a decorrente relação dos astros no sistema Sol-Terra-Lua.

Vale lembrar que a oposição criada pela modernidade entre os modelos heliocêntrico e geocêntrico constituiu um verdadeiro sistema de valores por meio de uma relação antagônica entre o *novo* e o *tradicional*, respectivamente. No entanto, Gomes (2003) nos lembra de que existem “tradições no novo e novidades no tradicional”, haja vista que o sistema geocêntrico de Ptolomeu continua atualíssimo para atividades práticas de navegação, orientação e localização espacial, além de constituir o referencial mais adequado para a compreensão do céu. Do outro lado, existe a tradição heliocêntrica de Aristarco de Samos (séc. III a.C.) por trás da considerada nova e moderna teoria cosmológica de Copérnico.

Desse modo, torna-se fundamental valorizar o referencial topocêntrico da visão ptolomaica de Universo para abordar as estações do ano no interior dos planetários óptico-mecânicos, uma vez que tais espaços de ciência possuem tal ponto de vista.

### 3 ESTAÇÕES DO ANO: ENTRE A GEOGRAFIA E A ASTRONOMIA

A concepção de Universo elaborada por Claudio Ptolomeu exerceu grande influência ao longo da tradição que marcou o desenvolvimento do pensamento geográfico no Ocidente. Sua teoria possui um esquema amplo que abrange temas como “uma discussão sobre a criação do mundo, a forma da Terra, os círculos, as zonas climáticas e alguns temas relativos à física do globo (as montanhas, os vulcões, as inundações etc.)” (GOMES, 2003, p. 129).

O planeta Terra forma uma unidade fundamental no sistema ptolomaico, na qual deve ser explicada segundo princípios gerais nomotéticos<sup>29</sup>. Gomes (op. cit.) comenta que, após a Renascença, o modelo de Ptolomeu foi adotado pela maioria dos geógrafos sob a forma de *cosmografias* que, por conseguinte, estão na origem da tradição que define a escolha temática e confere uma metodologia geral ao pensamento geográfico.

Por meio de tais cosmografias, a Geografia considerou que uma de suas principais tarefas era produzir imagens do mundo, bem como compreender sua organização e decifrar sua ordem, isto é, conceber uma visão de Universo. Sabe-se que tal perspectiva foi bastante difundida durante a Grécia Clássica.

Assim, o modelo ptolomaico é considerado matemático-cartográfico, sendo que Ptolomeu é frequentemente apresentado como o precursor da Geografia matemática, ramo do saber ligado à Astronomia e à Geometria (FERREIRA; SIMÕES, 1992).

Almeida (2006) conta que o mapa-múndi mais completo da Antiguidade foi feito por Ptolomeu e publicado em uma obra intitulada *Geografia*. Composta por oito volumes, ele tratou das técnicas de projeções cartográficas, construiu um planisfério e 26 mapas mais detalhados, relacionou os nomes de oito mil lugares com suas respectivas latitudes e longitudes, o que constituiu uma grande inovação para a época.

O valor nomotético do modelo ptolomaico privilegiou uma conduta geral e científica à Geografia, cujo método era objetivo, sistemático e generalizante. Segundo Gomes (op. cit.), tal modelo formulou a chamada “geografia geral”, constituída pelas cosmografias e, portanto, próxima das ciências matemáticas (cartografia sistemática). Assim, tal geografia encontrava-

---

<sup>29</sup> Segundo Ferreira e Simões (1992), as ciências nomotéticas são as que procuram leis gerais de aplicação universal e que se encontram na base das ciências da natureza.

se ligada às ciências naturais como a geologia, geomorfologia, biogeografia, meteorologia, climatologia, hidrografia, entre outras.

A aproximação da Geografia com essas áreas do conhecimento fortaleceu a necessidade de compreender a dinâmica do quadro natural da Terra e como se organizava a relação entre os elementos bióticos e abióticos. Segundo Mendonça (1997, p. 17), esta “necessidade caracterizou o surgimento, dentro da geografia, de um segmento mais voltado à compreensão do quadro físico do planeta, natural ou alterado pela ação humana, denominado por alguns de geografia da natureza e, pela maioria de *geografia física*” (grifo nosso).

A Geografia Física se preocupa, prioritariamente, com a natureza. Ela estabelece um diálogo entre o homem e o meio físico em um contexto espacial, uma vez que sua ênfase está na organização do espaço terrestre resultante desta relação sociedade/natureza (CONTI, 2007). Logo, a Geografia Física constitui um importante segmento do conhecimento geográfico cujo enfoque está na ação humana sobre os componentes da natureza e quais são as consequências desta relação para com a sociedade<sup>30</sup>.

O tema central do presente estudo – as estações do ano – constitui um ciclo natural de grande relevância para a Geografia Física. Sua razão fundamenta-se na interação entre o Sol e a Terra, o que significa dizer que há uma relação direta entre fenômenos celestes e terrestres neste contexto.

Sobreira (2002) argumenta que tal relação fica a cargo da Cosmografia, área do conhecimento que estuda o planeta Terra como um todo e sua relação com os demais corpos celestes. Sendo a Cosmografia uma subdivisão da Geografia, que se encontra muito próxima da Astronomia, este ramo do saber é também denominado de Geografia Astronômica ou Geografia Matemática, ambas de tradição ptolomaica.

Assim, a Cosmografia se estabelece enquanto uma “Astronomia aplicada à Geografia” e, portanto, o estudo das estações do ano é classificado como um tema cosmográfico que, segundo Sobreira (op. cit.), encontra-se diretamente envolvido com a Climatologia, uma das especialidades da Geografia Física.

---

<sup>30</sup> Mendonça (op. cit., p. 19) explica que o “tratamento dos aspectos físicos do planeta ou, como querem alguns, do quadro natural, não faz da geografia e nem da geografia física uma ciência natural, biológica ou da terra; ela é acima de tudo uma ciência do espaço e é aí que encontramos sua característica fundamental. Enquanto divisão geral das ciências ela se encontra indubitavelmente entre as ciências humanas e é ali o seu lugar correto, haja vista possuir objetivo primeiro o estudo do jogo de influências entre sociedade e natureza na organização do espaço”.

Partindo de tais pressupostos, Sobreira (2005, p. 115) formulou o conceito de *Cosmografia Geográfica* que, por sua vez, caracteriza

[...] um campo de estudos da Geografia, cujo conjunto de conhecimentos e habilidades é predominantemente escolar. Estuda a interface entre os conhecimentos terrestres e os celestes e lhes atribui significância geográfica. Analisa as relações humanas e naturais com o Espaço Sideral e suas consequências para a sociedade e a natureza e, portanto, para a organização do espaço.

Toda a dinâmica natural que envolve o ciclo das estações do ano e sua importância na vida prática das pessoas encontra-se relacionada ao campo de pesquisa da *Cosmografia Geográfica*, conforme pronunciado pelo autor.

O estudo das estações é fundamental para a compreensão dos solstícios e equinócios, do movimento diário e anual aparente do Sol, das variações térmicas, das paisagens climáticas e botânicas, dos ciclos agrícolas, dos movimentos da Terra, da orientação geográfica pelo Sol, das definições dos principais paralelos latitudinais, de práticas culturais nórdicas etc.

Abordar tal temática pela superfície terrestre, isto é, por meio do referencial topocêntrico, exige o entendimento do movimento anual aparente do Sol no céu e quais são as implicações deste movimento nas variações de insolação, de iluminação, dos comprimentos das sombras e na distribuição das zonas climáticas da Terra. O estudo das estações do ano nesta perspectiva é de suma importância para a Geografia, uma vez que a pesquisa geográfica deve valorizar a abordagem geocêntrica (SOBREIRA. 2002).

### 3.1 O MOVIMENTO DIÁRIO E ANUAL APARENTE DO SOL

Como se sabe, a abóbada celeste gira ininterruptamente de leste para oeste. A percepção que temos desse movimento, visto da posição topocêntrica, ocorre em razão do sentido de rotação da Terra que se sucede no sentido contrário, isto é, de oeste para leste. Por conseguinte, todos os astros nascem diariamente no lado leste do horizonte e se põem no lado oeste do horizonte.

O aparecimento do Sol pela manhã no horizonte leste é conhecido como o “nacer do Sol” ou “aurora” (deusa do amanhecer) e seu desaparecimento à tarde no horizonte oeste é denominado de “pôr do Sol” ou “ocaso”. Segundo Boczko (1984), torna-se importante

ressaltar que este movimento diário (ou diurno) aparente do Sol define os *lados* leste e oeste, e não os pontos cardeais leste e oeste.

Esta confusão entre os lados do horizonte e os pontos cardeais encontra-se muito arraigada no senso comum, sendo que diversos alunos ou até mesmo professores cometem esse erro, haja vista que a maioria dos resultados de pesquisas que envolvem o assunto, no âmbito educacional, aponta para tais equívocos.

Torna-se relevante, também, registrar que “a trajetória diária aparente do Sol no céu tem aspectos diferentes de acordo com a localidade do observador, ou seja, varia conforme a latitude geográfica o que determina diferentes valores angulares para as inclinações das trajetórias com relação ao horizonte” (SOBREIRA, 2002, p. 144).

Além das variações aparentes no percurso do Sol, relativas à posição latitudinal do observador, o movimento realizado pelo astro luminoso na esfera celeste descreve uma declinação no céu ao longo do ano, formando diferentes ângulos em relação à superfície. Trata-se do movimento anual aparente do Sol.

Tal movimento está diretamente relacionado com as estações do ano por meio do referencial topocêntrico. Para que seja possível compreender a declinação realizada pelo Sol, em sua trajetória anual, torna-se necessária a realização de observações pacientes e sistemáticas, dia a dia, do movimento solar no céu.

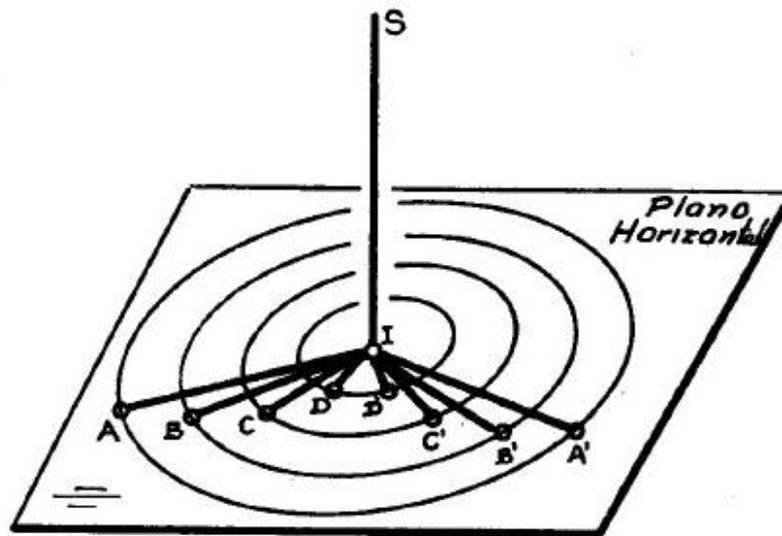
Sabe-se que as observações celestes são realizadas desde a pré-história, pois o conhecimento sobre o céu sempre fez parte da curiosidade humana. No que se refere às estações do ano, Boczko (1984, p. 06) conta que

Os antigos puderam associar as épocas de quente, frio ou intermediárias (4 épocas chamadas de *Estações do Ano*) com algumas particularidades, tais como: a) verificaram que o tamanho da sombra de um pilar ao meio-dia era muito maior na estação fria (Inverno) que na estação quente (Verão); b) as estrelas visíveis no Inverno diferiam daquelas observáveis no Verão; c) enchentes de rios ou secas estavam intimamente relacionadas com as estações do ano, etc. (grifo do autor)

Este pilar, utilizado desde a Antiguidade Clássica para registrar aspectos da trajetória aparente do Sol, recebe o nome de *gnômon*, termo grego que significa “relógio solar” (Figura 12). Trata-se de uma simples vara vertical fincada em um plano horizontal. Segundo Sobreira (2002), o *gnômon* é um instrumento que pode ser utilizado para localizar os pontos cardeais, colaterais e subcolaterais, determinar o início das estações do ano e a duração de cada uma

delas, bem como do ano trópico, determinar a hora solar verdadeira, a latitude do lugar, a inclinação da eclíptica, entre outras funções.

Figura 12 – Gnômon



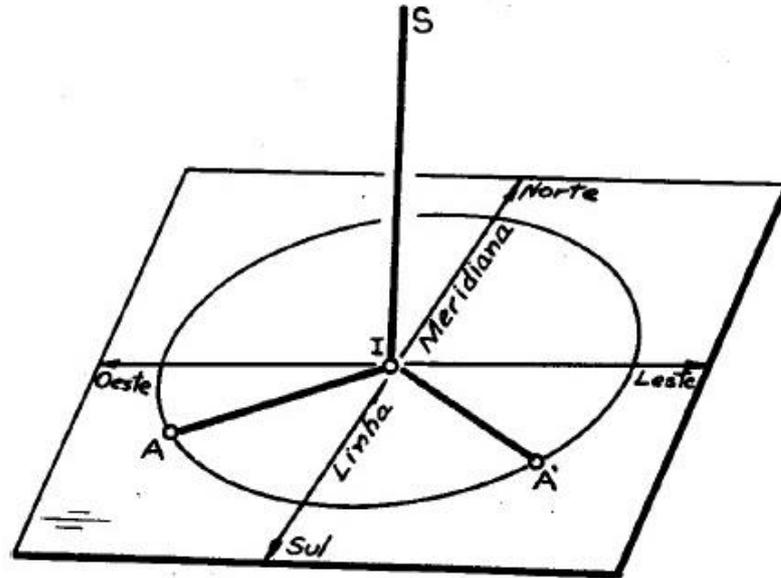
Vara vertical (S) fincada no plano horizontal com as circunferências iguais aos comprimentos das sombras projetadas pelo gnômon ao longo do dia. **Fonte:** Boczko (1984).

O tamanho da sombra da vara, causada pela luz solar, varia ao longo do dia, sendo que pela manhã o comprimento da sombra é mais longo e com o passar das horas vai diminuindo até atingir um valor mínimo, para logo em seguida começar a se alongar novamente até alcançar um comprimento enorme durante o pôr do Sol. De acordo com Boczko (op. cit.), o instante em que a sombra da vara atinge o menor comprimento do dia (valor mínimo) recebe o nome de *meio-dia solar* ou *meio-dia verdadeiro*.

A direção indicada pelo comprimento mínimo da sombra coincide com as bissetrizes dos ângulos formados pelos segmentos de reta ilustrados na figura acima. Tal direção determina a chamada *linha meridiana*<sup>31</sup> que, por sua vez, indica a direção geográfica norte-sul (Figura 13). O segmento de reta perpendicular à linha meridiana indica a direção geográfica leste-oeste, determinando, assim, os quatro pontos cardeais: norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O).

<sup>31</sup> “Meridiano = meridianus [latim] = medici die = meio-dia” (op. cit., p. 33).

**Figura 13 – Determinação da Linha Meridiana**



Determinação da linha meridiana que corresponde à direção geográfica norte-sul. Perpendicular à linha meridiana, tem-se a direção leste-oeste. **Fonte:** Boczko (1984).

O meio-dia solar ocorre no “exato momento da culminação do Sol no meridiano do observador e, portanto, ocorre simultaneamente em todos os pontos do meridiano em questão. A culminação também é chamada de *passagem meridiana*” (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 10, grifo nosso).

Logo, a passagem meridiana do Sol ocorre no instante médio entre o nascer e o ocaso do astro no horizonte, caracterizando a metade do dia, ou melhor, o meio-dia solar. Segundo Boczko (op. cit.), isso significa que na passagem meridiana o polo de rotação da esfera celeste encontra-se sobre o meridiano local que contém o Sol, o observador, o zênite, o norte, o sul e os polos celestes norte e sul.

O *zênite* é estabelecido pela intersecção da vertical superior do local com a esfera celeste (MOURÃO, 1987). Trata-se do ponto mais alto do céu, pois se localiza exatamente acima do observador. O ponto diametralmente oposto ao zênite recebe o nome de *nadir*. Já os polos celestes, de acordo com Lima Neto (2011), são estabelecidos pela projeção dos polos terrestres norte e sul na esfera celeste.

### 3.1.1 Solstícios e equinócios

Por meio do movimento diário aparente do Sol no céu, verificou-se que é possível determinar facilmente o meio-dia solar com o uso de um gnômon. Sabe-se que os povos da Antiguidade notaram que o comprimento da sombra ao meio-dia varia com a sucessão dos dias, confirmando uma declinação do Sol ao longo do ano.

As variações no tamanho da sombra, medidas sempre ao meio-dia solar, descrevem um valor máximo e um valor mínimo em seu comprimento com o passar dos meses. De acordo com Boczko (1984), os instantes com as sombras de maior e menor comprimentos receberam os nomes de *solstícios*, sendo que o instante da sombra mínima define o início do verão (solstício de verão), enquanto que a sombra máxima define o início do inverno (solstício de inverno).

Os dois instantes intermediários, pertencentes à bissetriz do ângulo formado entre os segmentos de reta dos solstícios e a extremidade superior do gnômon, receberam os nomes de *equinócios*, sendo o instante em que a sombra diminui em direção ao solstício de verão inicia-se a primavera (equinócio de primavera), enquanto que o instante em que a sombra aumenta em direção ao solstício de inverno inicia-se o outono (equinócio de outono).

Em outros termos, Sobreira (2002, p. 186) explica que

Quanto menor a distância zenital do Sol, no momento de sua passagem meridiana, *menos inclinados serão os raios solares* com relação à vertical do lugar, *contribuindo para o maior aquecimento local*, por outra via, quanto maiores as distâncias zenitais do Sol na passagem meridiana, *mais inclinados serão os raios solares, causando menores temperaturas*. (grifo nosso)

Desse modo, os antigos associaram as variações na inclinação dos raios solares com as alterações na temperatura média do ar atmosférico, provocadas pelos diferentes ângulos de incidência dos raios distribuídos pela superfície terrestre.

Convencionou-se, então, em dizer que o ano estava dividido em quatro estações: primavera, verão, outono e inverno. Cada ciclo completo das estações passou a ser chamado de *ano solar* (ou ano trópico) que, segundo Boczko (op. cit.), possui a duração de 365,242199 dias. Tal interregno decorre de duas passagens consecutivas do Sol pelo *ponto vernal*, ou seja, instante que marca o início da primavera para o hemisfério norte (equinócio de março).

O percurso aparente traçado pelo Sol no céu ao longo do ano recebe o nome de *eclíptica*. Segundo Varejão-Silva (2006, p. 14), a “eclíptica representa a trajetória aparente do Sol cruzando as constelações zodiacais. Em outras palavras, se um observador, ao meio-dia solar, projetasse o centro do disco (*sic*) do Sol na abóbada celeste, diariamente, ao final de um ano teria obtido uma sucessão de pontos que, unidos, formariam a eclíptica”.

A sequência desses pontos forma o plano da eclíptica no céu. Tal plano é fundamental para demonstrar a declinação do Sol ao longo do ano em sistemas de coordenadas celestes cujo referencial é topocêntrico, como é o caso dos planetários óptico-mecânicos. O Planetário da UFG, por sua vez, possui o plano da eclíptica projetado em sua tela hemisférica (vide Figura 05), conforme descrito por Sabota (2010, p. 78-9):

A Eclíptica, quando projetada no planetário, possui vários pontos demarcados e alguns números em algarismos romanos. Os algarismos romanos correspondem aos meses e os pontos (que indicam números) correspondem aos dias. A cada dia o Sol passa por um desses pontos. A trajetória possui 365 pontos que demarca o percurso do Sol ao longo do ano.

O equador celeste – projeção do círculo máximo do equador terrestre na esfera celeste – forma um plano inclinado em relação ao plano da eclíptica – círculo máximo que corresponde à órbita da Terra em torno do Sol. Estes dois planos formam entre si um ângulo de 23 graus e 27 minutos. Sendo o eixo da Terra perpendicular ao plano do equador celeste e o eixo da eclíptica igualmente perpendicular ao plano da eclíptica, os dois eixos formam também entre si um ângulo de mesmo valor:  $23^{\circ} 27'$  (DUARTE, 2002). Já o ângulo formado entre o eixo da Terra e o plano da eclíptica possui o valor de  $66^{\circ} 33'$ .

As estações do ano ocorrem por causa desta inclinação do eixo de rotação terrestre em relação ao plano de sua órbita (ou plano da eclíptica), juntamente com o movimento de translação da Terra, ou melhor, de revolução<sup>32</sup>. Entretanto, Leite e Hosoume (2010) alertam que fatores como inclinação de órbitas e movimentos de revolução dos astros são características de uma visão externa à Terra, isto é, possuem referenciais “espaçocêntricos” (BISCH, 1998) que, conforme já considerado, devem ser articulados com o ponto de vista local do observador para melhor entendimento do fenômeno das estações do ano.

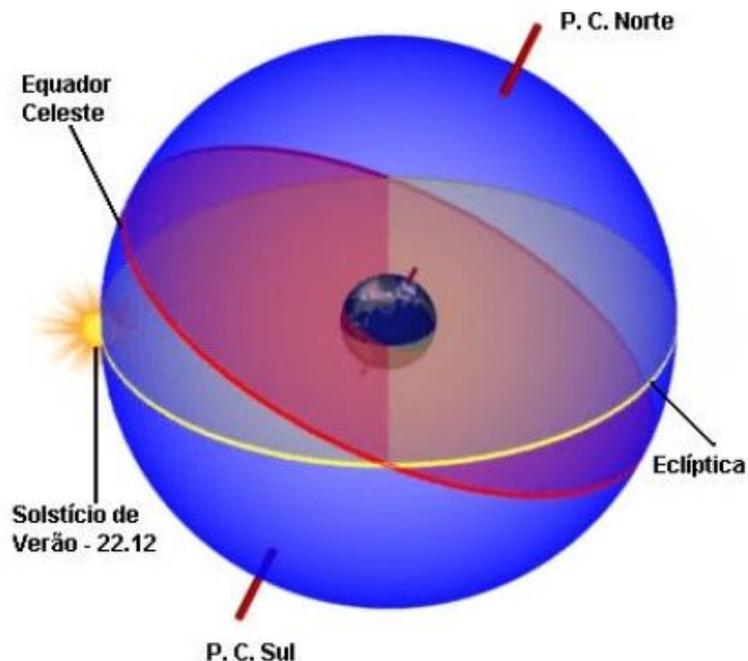
---

<sup>32</sup> Segundo Mourão (1987, p. 685), revolução é o “movimento periódico orbital de um astro ao redor de um corpo principal”, enquanto que translação significa deslocar-se de um lado ao outro, não implicando necessariamente em uma volta completa do astro em torno do Sol.

Dentro da cúpula do Planetário da UFG, um observador qualquer pode verificar que existe ao longo de um ano dois instantes que marcam a intersecção da eclíptica com o equador celeste (ambas projetadas na tela hemisférica) e dois instantes que marcam o máximo afastamento da eclíptica em relação ao equador celeste. Tais instantes apontam para os equinócios e solstícios, respectivamente.

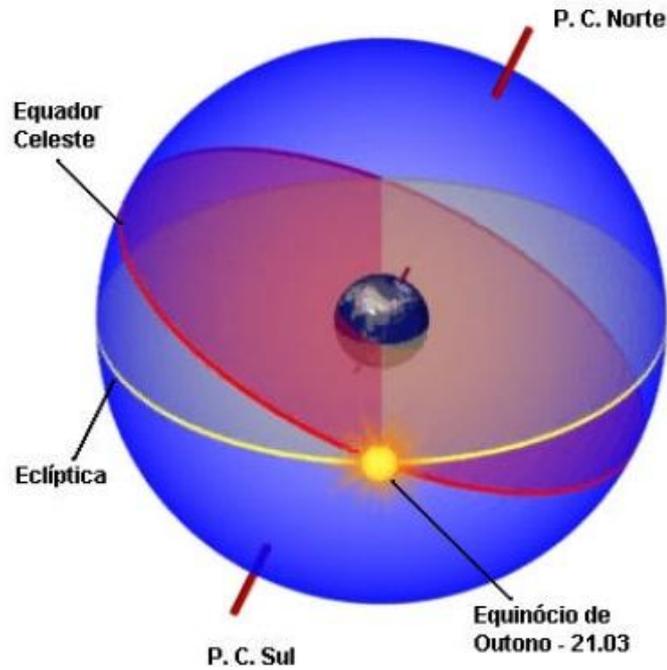
O movimento anual aparente do Sol na esfera celeste percorre o seguinte trajeto: em *dezembro*, o Sol atinge o máximo afastamento do equador no hemisfério celeste sul, determinando o solstício de verão para o hemisfério geográfico sul e o solstício de inverno para o hemisfério geográfico norte; em *março*, o Sol cruza o equador celeste ao passar do sul para o norte, determinando o equinócio de outono para o hemisfério sul e o equinócio de primavera para o hemisfério norte; em *junho*, o Sol atinge o máximo afastamento do equador no hemisfério celeste norte, determinando o solstício de inverno para o hemisfério sul e o solstício de verão para o hemisfério norte; e finalmente, em *setembro*, o Sol cruza o equador celeste ao passar do norte para o sul, determinando o equinócio de primavera para o hemisfério sul e o equinócio de outono para o hemisfério norte (vide Figuras 14, 15, 16 e 17).

**Figura 14 – Solstício de Dezembro**



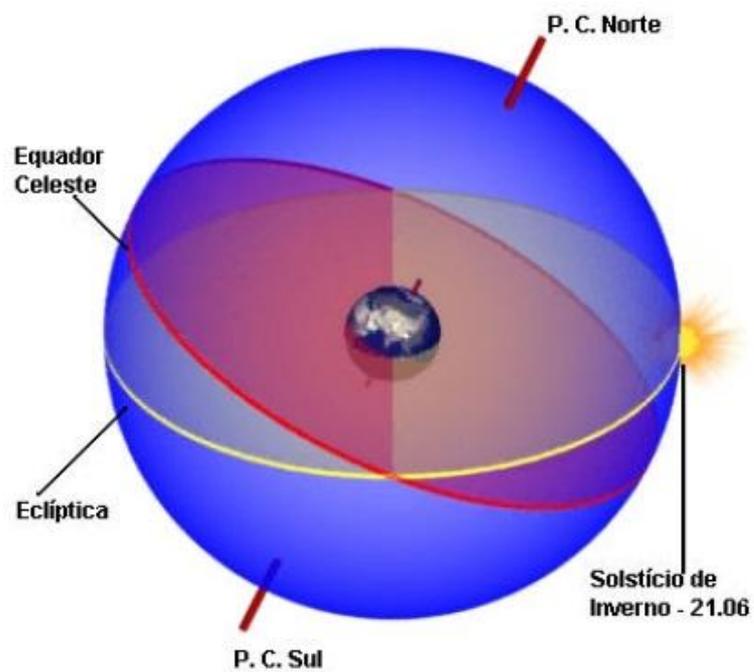
Sistema geocêntrico fora de escala com o plano do equador celeste (disco vermelho) e o plano da eclíptica (disco amarelo). Solstício de verão para o hemisfério sul e de inverno para o hemisfério norte. **Fonte:** Sobreira (2002).

**Figura 15 – Equinócio de Março**



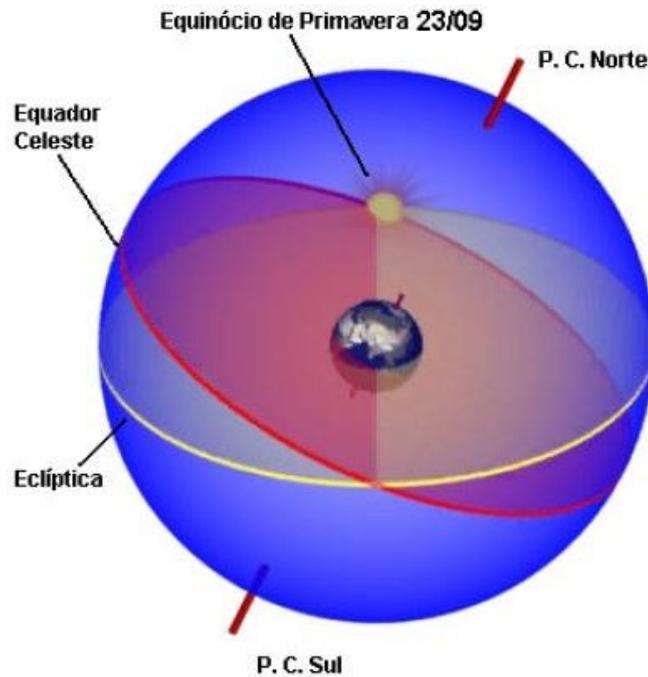
Sistema geocêntrico fora de escala com o plano do equador celeste (disco vermelho) e o plano da eclíptica (disco amarelo). Equinócio de outono para o hemisfério sul e de primavera para o hemisfério norte (ponto vernal). **Fonte:** Sobreira (2002).

**Figura 16 – Solstício de Junho**



Sistema geocêntrico fora de escala com o plano do equador celeste (disco vermelho) e o plano da eclíptica (disco amarelo). Solstício de inverno para o hemisfério sul e de verão para o hemisfério norte. **Fonte:** Sobreira (2002).

**Figura 17 – Equinócio de Setembro**



Sistema geocêntrico fora de escala com o plano do equador celeste (disco vermelho) e o plano da eclíptica (disco amarelo). Equinócio de primavera para o hemisfério sul e de outono para o hemisfério norte. **Fonte:** Sobreira (2002).

Portanto, as estações são distribuídas de maneira oposta entre os hemisférios geográficos norte e sul, pois durante um equinócio tem-se o outono em um hemisfério e a primavera no outro, e durante um solstício tem-se o inverno em um hemisfério e o verão no outro, não existindo possibilidade alguma de ocorrer uma única estação em todo o globo terrestre. Como ocorrem dois equinócios e dois solstícios ao longo do ano, completa-se o ciclo das quatro estações em ambos os hemisférios ao final de um ano solar.

Por se tratar de um ciclo natural, as estações do ano não possuem uma sequência linear, isto é, não existe um começo, meio ou fim específico durante o ciclo. Elas se sucedem naturalmente ao longo do ano. O que ficou estabelecido foram os quatro instantes que demarcam o início de cada estação por meio do movimento anual aparente do Sol no céu. Tais instantes foram distribuídos historicamente em diversos calendários<sup>33</sup> que, por conseguinte, são concebidos de modo linear.

<sup>33</sup> Trata-se aqui, principalmente, dos calendários da era cristã que dominaram grande parte do mundo ocidental. São os calendários Juliano e Gregoriano. Esses calendários são do tipo solar, isto é, baseado na periodicidade das estações do ano (LIMA NETO, 2011). O calendário Juliano foi um grande avanço em relação aos calendários precedentes (calendário Egípcio, Babilônico, Grego, Romano etc.) sendo adotado por mais de 1.500 anos no Ocidente. Segundo Boczko (1984), após este período houve uma notória defasagem do ano

Cada estação do ano dura cerca de três meses. Na verdade, elas não possuem exatamente a mesma duração, pois há uma pequena diferença entre elas. De acordo com Sobreira (2002) e Lima Neto (2011), as diferenças entre os períodos de cada estação ocorrem devido ao formato elíptico da órbita dos planetas (1ª lei de Kepler). Caso a órbita da Terra fosse absolutamente circular, conforme o princípio do movimento circular uniforme, as estações do ano teriam durações equitativas.

Sabe-se que uma elipse possui um determinado valor de excentricidade que varia entre zero (para o círculo) e um. Segundo Gatti e Nardi (2010), as órbitas da maioria dos planetas possuem valores tão pequenos de excentricidade que se parecem, à primeira vista, com círculos. No caso do planeta Terra, o valor da excentricidade de sua elipse é de aproximadamente 0,0167 (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Kepler, ao formular a 1ª lei do movimento planetário, localizou o Sol em um dos focos da elipse, estabelecendo o *periélio* – ponto da órbita mais próximo ao Sol – e o *afélio* – ponto da órbita mais afastado do Sol. A partir disso, Kepler formulou sua 2ª lei: “a linha que une o planeta ao Sol ‘varre’ áreas iguais em tempos iguais. Isto resulta em que ele caminha com maior velocidade no periélio do que no afélio” (GATTI; NARDI, 2010, p. 191).

Isto significa que o Sol atinge velocidades angulares diferentes ao longo do ano. Quando a Terra passa pelo periélio, início de janeiro (verão para o hemisfério sul), ela se desloca no espaço com maior velocidade angular, encurtando a estação. No início de julho (inverno para o hemisfério sul), a Terra passa pelo afélio deslocando-se com menor velocidade angular em sua órbita, prolongando a estação (Quadro 02).

Estas variações na velocidade da Terra, em seu movimento de revolução, interferem logicamente na velocidade do movimento aparente do Sol para um observador situado na superfície, uma vez que nas proximidades do periélio o astro luminoso desloca-se mais rápido no céu, enquanto que nas imediações do afélio seu movimento fica mais lento<sup>34</sup>.

---

solar verdadeiro em relação ao ano Juliano, criando um descompasso na data do equinócio vernal fixada em 21 de março pela Igreja Católica. A correção dessa defasagem implicou na *Reforma Gregoriana* do calendário Juliano, realizada no ano de 1582. Este episódio marcou o início do atual calendário Gregoriano que recebeu o respectivo nome por causa do Papa Gregório XIII.

<sup>34</sup> Sobreira (2002) relata que é possível registrar tais variações na velocidade média do Sol. Trata-se de uma figura resultante do movimento aparente anual do Sol que registra suas diferentes velocidades angulares. “Se ao invés de usar o meio-dia verdadeiro, utilizar o meio-dia do relógio, verifica-se que a sombra do gnômon não estará todo dia sobre o meridiano local ao meio-dia do relógio. Unindo as pontas ou extremidades dessas sombras, obtém-se o desenho de uma figura, no chão, denominada *analema*” (op. cit., p. 180, grifo nosso).

**Quadro 02 – Duração Média Atual das Estações do Ano no Hemisfério Sul**

	<b>Outono</b>	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verão</b>
<b>Data do início</b>	20/03	21/06	23/09	22/12
<b>Duração média (dias)</b>	92,76	93,65	89,84	88,99

Para o hemisfério norte basta permutar outono por primavera, inverno por verão e vice-versa. Os valores relativos à duração média de cada estação são válidos atualmente e variam ao longo do tempo (cerca de alguns séculos). **Fonte:** adaptado de Lima Neto (2011).

As datas do calendário que marcam o início de cada estação geralmente variam de um ano para o outro, sendo que os solstícios ocorrem entre os dias 20 ou 21 de junho e 21 ou 22 de dezembro, e os equinócios entre os dias 20 ou 21 de março e 22 ou 23 de setembro.

As alterações nas datas ocorrem por causa de variáveis do próprio calendário em relação ao cômputo do tempo, tais como os anos bissextos<sup>35</sup> por exemplo. Assim, os horários civis que equivalem aos instantes dos solstícios e equinócios também são alterados. As datas e os horários calculados para o ano de 2013 encontram-se no Quadro 03.

**Quadro 03 – Estações do Ano em 2013**

	<b>Hemisfério Sul</b>	<b>Hemisfério Norte</b>	<b>Data</b>	<b>Hora</b>
<b>Equinócio</b>	Outono	Primavera	20/03	08h 01m 55s
<b>Solstício</b>	Inverno	Verão	21/06	02h 03m 57s
<b>Equinócio</b>	Primavera	Outono	22/09	17h 44m 08s
<b>Solstício</b>	Verão	Inverno	21/12	14h 11m 00s

Instantes iniciais das estações do ano calculados para o segundo inteiro mais próximo e pela hora legal de Brasília (GMT-3), não corrigida para o horário de verão. **Fonte:** adaptado de Silvestre. Disponível em: <<http://www.silvestre.eng.br/astrologia/fenomenos/estacoes/2013/>>.

<sup>35</sup> Anos que possuem um dia adicional no calendário (29 de fevereiro), cuja periodicidade ocorre a cada quatro anos. Trata-se de uma correção na contagem do tempo, uma vez que o objetivo é aproximar a duração média do ano ao valor de 365,242199 dias (duração do ano solar verdadeiro). Boczko (1984) explica que, com a Reforma Gregoriana, estabeleceu-se que os anos centenários (múltiplos de 100) deixariam de ser bissextos, exceto quando fossem também múltiplos de 400. Com isso, retira-se 1 dia a cada 100 anos e adiciona-se 1 dia a cada 400 anos. Desse modo, o ano do calendário gregoriano passou a ter uma duração média de 365,2425 dias, diferindo do ano solar cerca de apenas 0,0003 dias. Tal diferença é tão irrisória que equivale à proporção de um dia para cada 3.300 anos.

Vale destacar que as variações provocadas pela elipse na distância da Terra ao Sol (periélio e afélio) não possuem relação alguma com a existência das estações do ano. Sobreira (2010, p. 49) esclarece que

A distância média entre a Terra e o Sol é de 149.597.870 km. Quando a Terra está no periélio, o ponto da órbita mais próximo ao Sol, em janeiro, sua distância é de 147.099.111 km. No afélio, o ponto da órbita mais distante ao Sol, em julho, a distância é de 152.102.378 km. Isso equivale a uma diferença de somente 5 milhões de km, aproximadamente, ou 3% da distância média, e isso não afeta substancialmente o fenômeno das Estações do Ano. *O que provoca as Estações do Ano, desse modo, é a desigual e cíclica insolação provocada pela inclinação do eixo terrestre.* (grifo nosso)

### 3.1.2 O movimento anual aparente do Sol no horizonte

A declinação do Sol na esfera celeste ao longo do ano decorre diretamente da inclinação do eixo de rotação terrestre em relação ao plano da eclíptica. Como se sabe, o ângulo formado entre os eixos da Terra e da eclíptica (perpendicular ao plano da órbita terrestre) possui o valor de  $23^{\circ} 27'$ .

Em sua trajetória aparente anual, o Sol atinge tal ângulo em relação ao equador celeste durante os solstícios, tanto para o hemisfério celeste norte (em junho) quanto para o hemisfério celeste sul (em dezembro), sendo que tais instantes marcam o máximo afastamento do Sol em relação ao plano do equador celeste (vide Figuras 14 e 16). Isto significa que o Sol se desloca aparentemente cerca de  $47^{\circ}$  na direção norte-sul em seu movimento anual no céu. Na bissetriz do ângulo formado pelos dois solstícios, estão os instantes intermediários que marcam os equinócios (início da primavera e do outono).

Logo, é possível observar o nascer do Sol em diferentes posições no horizonte leste ao longo do ano, bem como o seu ocaso no lado oeste. Com a sucessão dos dias, a trajetória aparente do Sol no céu vai se deslocando vagarosamente na direção norte-sul formando uma espécie de “espiral” cujo passo diário é bem pequeno, uma vez que o Sol demora cerca de seis meses para deslocar-se de um trópico ao outro em seu movimento aparente ao longo do ano.

Considerando-se que a linha do horizonte estabelece o limite entre a parte observável e a parte invisível ao observador, localizado na superfície, ela pode ser uma boa referência para acompanhar a circularidade, a tridimensionalidade e o caráter contínuo do movimento anual aparente do Sol na esfera celeste.

Sobreira (2002) aplicou um método inédito para demonstrar o quanto que o Sol se desloca aparentemente em relação ao horizonte a partir de um ponto fixo de observação. O autor obteve imagens por meio de fotografias produzidas durante os solstícios e equinócios na cidade de São Paulo. Para ilustrar melhor este deslocamento anual aparente do Sol, o autor traçou ainda um perfil do horizonte a partir das imagens obtidas (vide Figuras 18 e 19).

**Figura 18 – Sol Poente em São Paulo/SP nos Solstícios e Equinócios**



Fotomontagem ilustrando o movimento anual aparente do Sol no horizonte oeste. As três posições do Sol representam os instantes marcados pelos solstícios e equinócios durante um ano (fotos obtidas em 2001). **Fonte:** Sobreira (2002).

Nota: O Sol foi circundado com traço vermelho e reforçado em amarelo para destaque.

**Figura 19 – Perfil do Horizonte com Sol Poente**

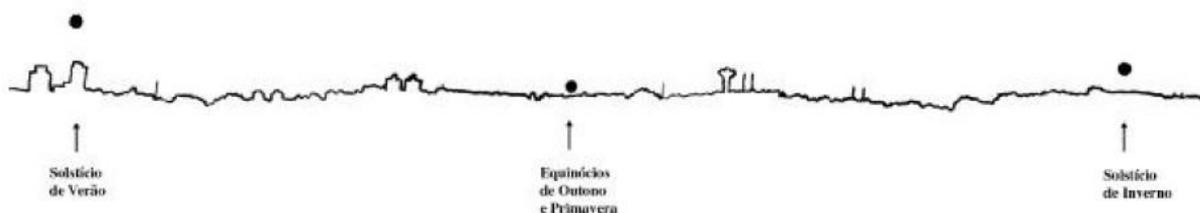


Ilustração baseada nas fotografias anteriores demonstrando o deslocamento do Sol no horizonte durante um ano. **Fonte:** Sobreira (2002).

As referências horizontais (prédios, casas, torres, antenas etc.) permitem visualizar com nitidez o quanto que o Sol se desloca aparentemente ao longo de um ano na direção norte-sul, bem como a sua posição em relação ao horizonte nos instantes que marcam o início de cada estação<sup>36</sup>.

Sabota (2010), por sua vez, demonstrou uma simulação do movimento anual aparente do Sol no horizonte oeste dentro do Planetário da UFG. O autor obteve também três imagens da projeção do Sol no horizonte poente em Goiânia, durante os solstícios – verão e inverno – e o equinócio de primavera (vide Figuras 20, 21 e 22).

**Figura 20 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Solstício de Inverno**



Simulação do Sol poente em Goiânia no dia 21 de junho (solstício de inverno para o hemisfério sul). Ao centro a letra O representa o ponto cardinal oeste. O Sol encontra-se em seu máximo afastamento no hemisfério celeste norte, formando um ângulo de  $23^{\circ} 27'$  em relação ao plano do equador celeste, no qual se localiza o ponto cardinal oeste. Foto obtida dentro da cúpula. **Fonte:** Sabota (2010).

<sup>36</sup> Vale destacar que tais fotos devem ser obtidas ao longo do ano a partir de um mesmo local de observação, pois a mudança do ponto de vista altera os ângulos e a posição aparente do Sol em relação ao horizonte. Sobreira (2002) demonstrou também que o ângulo máximo atingido entre os dois solstícios varia levemente de acordo com a latitude do local.

**Figura 21 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Equinócio de Primavera**



Simulação do Sol poente em Goiânia no dia 23 de setembro (equinócio de primavera para o hemisfério sul). O Sol encontra-se aproximadamente sobre o ponto cardinal oeste, uma vez que há nesta data a intersecção da eclíptica com o plano do equador celeste. **Fonte:** Sabota (2010).

**Figura 22 – Simulação do Sol Poente em Goiânia no Solstício de Verão**



Simulação do Sol poente em Goiânia no dia 22 de dezembro (solstício de verão para o hemisfério sul). O Sol encontra-se em seu máximo afastamento no hemisfério celeste sul, formando um ângulo de  $23^{\circ} 27'$  em relação ao plano do equador celeste, no qual se localiza o ponto cardinal oeste. **Fonte:** Sabota (2010).

### 3.1.3 Contribuições para a Cartografia

De acordo com Duarte (2002) e Joly (2005), a Associação Cartográfica Internacional (ACI) definiu, na década de 1960, a Cartografia como o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, em vista da elaboração e preparação de mapas, cartas, planos e outros modos de expressão, bem como sua utilização.

Dessa forma, a Cartografia se estabelece como o ramo do conhecimento responsável pela elaboração e divulgação dos mapas que, por sua vez, são representações da superfície da Terra, conservando com esta, relações matematicamente definidas de redução (escala), localização e de projeção no plano (ALMEIDA, 2006).

Segundo Duarte (op. cit.), os movimentos de rotação e revolução do planeta Terra são fundamentais para os estudos cartográficos, uma vez que o primeiro define a posição do eixo terrestre e o segundo demarca o plano da eclíptica. Como se sabe, é justamente a inclinação do eixo de rotação em relação ao plano da eclíptica que provoca as estações do ano, evidenciando, assim, uma relação estreita entre as estações e os estudos cartográficos.

O movimento de rotação da Terra, do ponto de vista topocêntrico, proporciona o movimento diário aparente dos astros no céu. Conforme já considerado, tal movimento, por meio do Sol, permite definir o meio-dia solar através do uso de um gnômon. Estabelecido o meio-dia solar, obtém-se a linha meridiana que indica a direção geográfica norte-sul e, perpendicular a esta, a direção leste-oeste (vide Figura 13).

Em outras palavras, o movimento diário aparente do Sol, no instante de sua passagem meridiana, determina os pontos cardeais, bem como os colaterais e subcolaterais<sup>37</sup>. O conjunto de tais pontos forma a conhecida *rosa dos ventos*, fundamental para a orientação geográfica e para os estudos cartográficos. Segundo Sobreira (2002, p. 143),

Os pontos cardeais N [norte] e S [sul] são dados [...] pela intersecção da circunferência que contém o plano do horizonte com a circunferência que contém o plano do Meridiano Local, ou ainda pela projeção da Linha Meridiana, que no infinito aponta para as direções desses pontos cardeais, em suas extremidades. Os pontos cardeais E [leste] e O [oeste] são dados pela intersecção entre a circunferência que contém o plano do horizonte e o primeiro vertical [...].

<sup>37</sup> Para determiná-los, basta medir a bissetriz de cada ângulo formado entre os quatro pontos cardeais para obter os pontos colaterais, e a bissetriz de cada ângulo entre os pontos cardeais e colaterais para obter os pontos subcolaterais.

Os fusos horários também estão relacionados ao movimento de rotação da Terra. A distribuição das horas pelo planeta possui uma relação íntima com os meridianos que formam semicircunferências de 180 graus, cujas extremidades estão nos polos geográficos norte e sul. Como a Terra demora cerca de 24 horas para realizar uma volta completa em torno do seu eixo, o globo terrestre ficou dividido em 24 fusos contendo 15 graus cada um. Assim, cada fuso representa uma hora do dia e o conjunto de todos eles corresponde aos 360 graus da circunferência terrestre.

Já o movimento de revolução da Terra, definido pelo seu percurso em torno do Sol, proporciona a trajetória anual aparente do astro luminoso no céu, a partir do referencial topocêntrico, cuja declinação do Sol na esfera celeste decorre da inclinação do eixo de rotação terrestre em relação ao plano de sua órbita.

Durante os equinócios, o plano da eclíptica cruza o plano do equador celeste, uma vez que há uma intersecção entre ambos na esfera celeste (vide Figuras 15 e 17). Com isso, o Sol percorre aparentemente um trajeto no céu sobre o círculo máximo do equador terrestre nos dias que marcam o início da primavera e o início do outono (dias 20 ou 21 de março e 22 ou 23 de setembro).

Portanto, o Sol nasce no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste durante os equinócios, sendo que ao meio-dia solar o Sol encontra-se no zênite do meridiano local do equador terrestre. Esta posição orbital da Terra em relação ao Sol determina o círculo máximo do equador – latitude  $0^\circ$  – que divide o globo terrestre em duas partes iguais: o hemisfério geográfico norte e o hemisfério geográfico sul, haja vista que ambos são iluminados igualmente pelo Sol nos equinócios<sup>38</sup>.

Durante os solstícios, o Sol alcança seu máximo afastamento do equador celeste, sendo que no dia 20 ou 21 de junho o Sol encontra-se a  $23^\circ 27'$  ao norte do equador, determinando a posição latitudinal do *trópico de câncer*, pois o astro luminoso encontra-se sobre o trópico nesta data. Seis meses depois, por volta do dia 21 ou 22 de dezembro, o Sol localiza-se a  $23^\circ 27'$  ao sul do equador celeste, determinando a posição latitudinal do *trópico de capricórnio*, uma vez que o astro luminoso encontra-se sobre este trópico na referida época do ano.

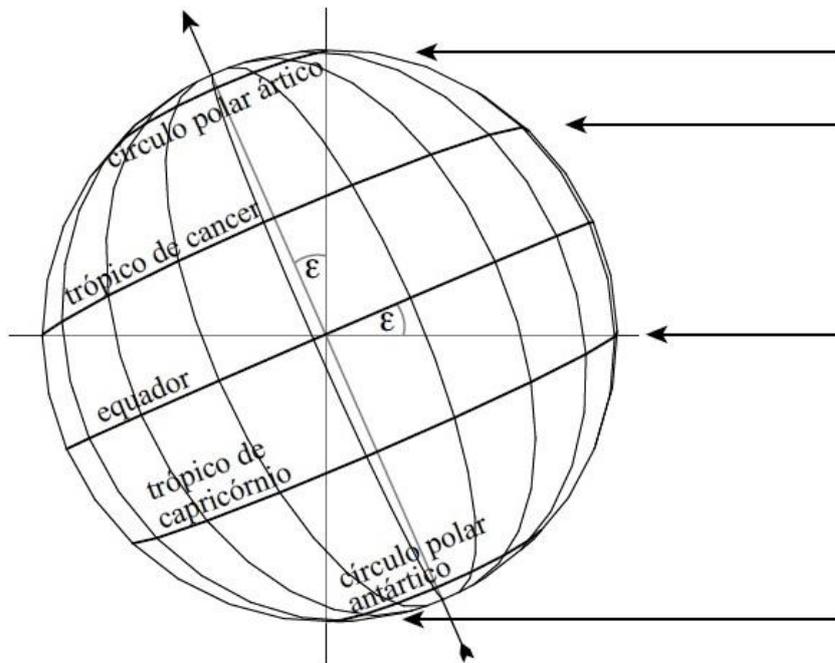
---

<sup>38</sup> De fato, este é o significado etimológico da palavra equinócio. Segundo Boczko (1984, p. 11), “Equinócio = duração igual do dia e noite [latim] = *aequus* (igual) + *nox* (noite)”.

O fluxo e a intensidade da radiação solar iluminam e aquecem desigualmente os hemisférios geográficos norte e sul durante os solstícios devido às diferentes posições do Sol em relação à superfície da Terra que ora se encontra sobre o trópico de câncer, no mês de junho, e ora se encontra sobre o trópico de capricórnio, no mês de dezembro.

Assim, a posição orbital da Terra nos solstícios determina os trópicos de câncer e capricórnio, bem como os *círculos polares ártico e antártico*, uma vez que o terminadouro – círculo máximo que divide o hemisfério iluminado do hemisfério escuro – define as posições latitudinais dos círculos polares, conforme ilustração a seguir.

**Figura 23 – Definição dos Paralelos Especiais**



Posição orbital da Terra no solstício de dezembro (verão para o hemisfério sul e inverno para o norte). Os raios solares estão incidindo perpendicularmente sobre o trópico de capricórnio, o que determina sua latitude de  $23^{\circ} 27'$  (valor do ângulo  $\epsilon$ ). Seis meses depois ocorre o mesmo com o trópico de câncer no hemisfério norte. Os círculos polares são definidos pelo terminadouro nos solstícios. **Fonte:** Lima Neto (2011).

A posição do terminadouro nos solstícios coincide com o eixo da eclíptica que equivale à perpendicular do plano da órbita terrestre. O valor latitudinal de cada círculo polar é de  $66^{\circ} 33'$ , ângulo este complementar ao dos trópicos ( $23^{\circ} 27'$ ) para atingir-se  $90^{\circ}$  em cada hemisfério geográfico (SOBREIRA, 2002).

Portanto, o círculo máximo do equador terrestre e os paralelos especiais – trópicos e círculos polares – são definidos pelos equinócios e solstícios, respectivamente, e os

meridianos são definidos pelo movimento de rotação da Terra que determina a posição do eixo e a direção norte-sul, além de provocar a trajetória diária aparente dos astros no céu de leste para oeste.

O conjunto de paralelos e meridianos concebe a chamada *rede geográfica*. Segundo Duarte (2002, p. 47), “entende-se por rede geográfica [...] o conjunto formado por paralelos e meridianos, ou seja, pelas linhas de referência que cobrem o globo terrestre com a finalidade de permitir a localização precisa de qualquer ponto sobre sua superfície, bem como orientar a confecção de mapas”.

Os meridianos são dispostos na direção norte-sul, sempre perpendiculares ao plano do equador, e os paralelos são dispostos na direção leste-oeste, sempre perpendiculares ao eixo de rotação terrestre. Assim, a localização geográfica é definida pelo encontro de um paralelo com um meridiano, isto é, pela intersecção de dois arcos perpendiculares entre si, formando um ponto específico sobre a superfície da Terra.

Com base na rede geográfica, é possível definir as coordenadas geográficas: *latitude* e *longitude*. Os paralelos são considerados para determinação das latitudes, uma vez que a latitude é dada pelo valor angular entre o círculo máximo do equador terrestre e o paralelo do local de referência. Será sempre norte (N) ou sul (S), sendo que o ângulo pode variar entre 0° e 90°, tanto para o hemisfério norte quanto para o hemisfério sul.

Os meridianos são considerados para determinação das longitudes, pois a longitude é dada pelo valor angular entre o Meridiano de Greenwich (estabelecido por convenção como meridiano-base para definição dos hemisférios ocidental e oriental) e o meridiano do local de referência. Será sempre leste (L) ou oeste (O) e o ângulo pode variar entre 0° e 180°, tanto para o hemisfério leste quanto para o hemisfério oeste.

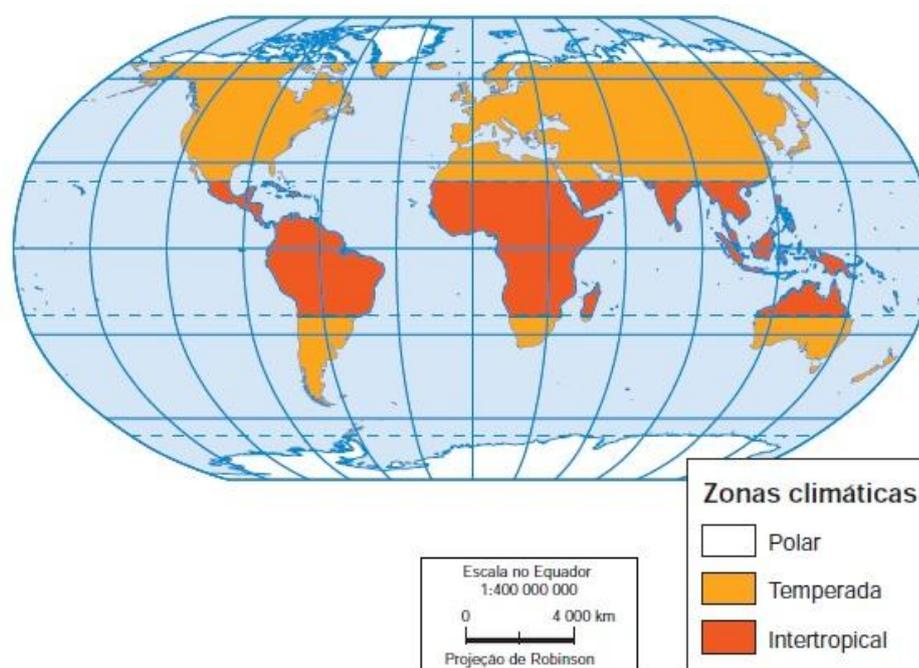
Em suma, toda a base do sistema de coordenadas geográficas possui definições de ordem astronômica, uma vez que os referenciais geográficos de localização e orientação foram construídos historicamente a partir da observação dos movimentos aparentes dos astros na esfera celeste.

A importância de tais coordenadas terrestres é inestimável para o estudo da Cartografia, haja vista que as definições de paralelo, meridiano, latitude e longitude estão intimamente envolvidas ao conceito de *mapa* (ALMEIDA, 2006).

### 3.1.4 Contribuições para a Climatologia

A definição das posições latitudinais dos paralelos especiais – trópicos e círculos polares – serviu de base para dividir o globo terrestre em cinco *zonas climáticas*, a saber: zona intertropical, zonas temperadas dos hemisférios norte e sul, e zonas polares dos hemisférios norte e sul (conforme mapa abaixo).

**Mapa 01 – Zonas Climáticas da Terra**



As linhas tracejadas representam os trópicos e os círculos polares. **Fonte:** IBGE (2010).

A divisão da superfície terrestre em faixas zonais, com o intuito de classificar os diferentes climas existentes ao longo do globo, é bastante antiga. Segundo Conti (2007), os gregos das escolas jônica e alexandrina já haviam proposto tal divisão vários séculos antes da era cristã. Almeida (2006, p. 14) conta que

Os gregos antigos observaram que a trajetória do Sol descrevia uma declinação no céu, de maneira que havia um limite para as terras nas quais o Sol ficava a pino no verão. Esse limite foi demarcado por uma linha: o trópico. Além do conceito de trópico, os gregos estabeleceram os de equador e pólos, e ainda *dividiram a superfície terrestre em zonas tórridas, temperadas e frias.* (grifo nosso)

A zona intertropical possui as mais elevadas médias de temperatura do planeta em razão da perpendicularidade dos raios solares sobre esta faixa da superfície. Dividida ao meio

pelo equador terrestre e delimitada pelo trópico de câncer ao norte e pelo trópico de capricórnio ao sul, a zona intertropical possui *latitudes baixas* que variam entre 0° e 23° 27', tanto para o norte (N) quanto para o sul (S).

Trata-se da única região do globo terrestre que recebe os raios solares absolutamente perpendiculares em relação à superfície local durante a passagem meridiana do Sol, uma vez que o astro culmina zenitalmente nas latitudes intertropicais. Mourão (1987, p. 806) lembra que o conceito de trópico está relacionado aos “paralelos geográficos que limitam a zona na qual o Sol passa pelo zênite e que representam aproximadamente a trajetória aparente diurna da projeção do Sol sobre a superfície terrestre nos solstícios”.

Dessa forma, a zona intertropical (ou faixa tropical) recebe uma intensa radiação solar que provoca um excedente energético nessas latitudes de suma importância para o planeta Terra. Conti (2007, p. 12-3) explica que,

Do ponto de vista de suas características naturais, a zona tropical tem uma identidade muito forte. Sua posição privilegiada em relação ao recebimento da radiação solar faz acumular o calor nessas latitudes, dotando-as de um excedente energético muito significativo sobre o restante do planeta. Estimativas indicam que esse superávit é, no mínimo, cinco vezes maior que o montante recebido pelas latitudes altas, como aquelas situadas além de 60 graus. [...] Essa importante concentração energética é um dado preliminar para o entendimento da natureza tropical.

Tal excedente de energia solar decorre única e exclusivamente da perpendicularidade dos raios sobre a faixa tropical e não da maior proximidade dessas regiões equatoriais em relação ao Sol, como muito se imagina no senso comum<sup>39</sup>.

A faixa tropical possui uma área que abrange cerca de 40% da superfície terrestre. De acordo com Conti (op. cit.), a diferença entre a quantidade de terras emersas e de água superficial nessa área do globo, no que se refere à capacidade de retenção da radiação solar, concorre para que o calor latente se acumule nos oceanos e o fluxo desse calor chega a ser três vezes maior ao dos mares das latitudes extratropicais, uma vez que a zona tropical é predominantemente líquida, pois as águas ocupam cerca de 76% de sua extensão.

<sup>39</sup> Camino (1995), De Manuel Barrabín (1995), Bisch (1998), Parker e Heywood (1998), Queiroz, Barbosa-Lima e Vasconcellos (2004), constataram em suas pesquisas algumas concepções prévias de alunos e professores nas quais relacionam a inclinação do eixo de rotação terrestre às estações do ano, mas insistem na ideia de distância para explicar o fenômeno. Trata-se de uma concepção que se fundamenta na noção de que as zonas polares e temperadas são mais frias que a zona tropical por estarem mais distantes ao Sol. Há uma associação entre os fatores distância e inclinação do eixo, sendo que este aparece apenas como um fator acessório na existência das estações que auxilia na maior ou menor proximidade de determinadas regiões da superfície terrestre em relação ao astro luminoso.

O fluxo e o acúmulo de energia solar, juntamente com a significativa presença das águas superficiais, proporcionam às regiões tropicais uma importante e acentuada heterogeneidade em suas características naturais. Conti (2007, p. 13) afirma que

[...] o excedente de energia da faixa entre os trópicos estimula a evaporação de tal forma que, aproximadamente, até a latitude de 20 graus, o volume de água evaporada é quase dez vezes superior à verificada nas latitudes médias. Nas áreas continentais de atmosfera estável, onde a reposição de água é insuficiente para restabelecer o equilíbrio hídrico (latitudes entre 20 e 35 graus), a consequência é o surgimento dos desertos. Há, portanto, uma enorme variedade de ambientes nos trópicos, desde os superúmidos até os hiperáridos.

As florestas tropicais cobrem extensas áreas do globo e formam ambientes extremamente úmidos e quentes que apresentam os maiores índices de biodiversidade do planeta. Consequentemente, tais florestas se tornaram em valiosos objetos de interesse em todo o mundo, a exemplo da floresta amazônica e sua importância em torno do atual cenário político internacional da economia globalizada.

Por outro lado, tem-se a formação dos grandes desertos na natureza tropical que concebem ambientes totalmente secos e hostis, onde o nível de biodiversidade é praticamente nulo. O Deserto do Saara – o maior do mundo – encontra-se no norte do continente africano e quase toda sua extensão possui latitudes entre 20° e 30° norte (N).

Desse modo, é possível encontrar as mais variadas paisagens climáticas nas baixas latitudes do mundo tropical, desde as densas florestas verdes até os imensos desertos pálidos. O grau de biodiversidade e a presença de águas pluviais e/ou fluviais nessas regiões variam de um extremo ao outro, sendo que tais regiões possuem em comum as elevadas temperaturas médias ao longo do ano, decorrentes da forte radiação acumulada pelos ângulos perpendiculares da incidência solar nessa faixa do globo.

Consequentemente, as quatro estações do ano não são bem definidas nas latitudes intertropicais, haja vista que cada estação determina um período do ano caracterizado por condições atmosféricas próprias e típicas. Varejão-Silva (2006, p. 17) lembra que na “zona equatorial praticamente não se notam diferenças no comportamento da atmosfera entre as estações; em geral, apenas uma pequena queda na temperatura do ar é observada”.

A questão é que as mudanças no comportamento médio da atmosfera, causadas pelas variações no ângulo de incidência solar ao longo do ano, provocam alterações não só no aquecimento do ar e da superfície, mas também interferem na umidade relativa do ar, nos

ventos predominantes, no regime de chuvas, nas massas de ar, na nebulosidade etc. Portanto, torna-se possível encontrar na natureza tropical uma profunda heterogeneidade de características atmosféricas que variam de acordo com os fatores climáticos supracitados.

Isto significa dizer que na faixa tropical existem determinadas épocas que permitem associar as estações do ano às chuvas, aos ventos e à seca, concebendo, assim, significados regionais que nem sempre estão de acordo com as definições astronômicas que marcam os inícios e as durações das estações do ano em todo o planeta (SOBREIRA, 2010), como é o caso, por exemplo, das altas médias de temperatura do ar atmosférico verificadas durante o inverno nas regiões equatoriais todos os anos.

As zonas temperadas dos hemisférios geográficos norte e sul compreendem as áreas do globo que vão dos trópicos até os círculos polares. Tais zonas climáticas possuem *latitudes médias* que variam entre 23° 27' e 66° 33'. No hemisfério norte a zona temperada é delimitada pelo trópico de câncer ao sul e pelo círculo polar ártico ao norte, e no hemisfério sul a zona temperada é delimitada pelo trópico de capricórnio ao norte e pelo círculo polar antártico ao sul (vide Mapa 01).

Trata-se das regiões climáticas do globo que possuem as quatro estações bem definidas, ao contrário da faixa tropical onde as temperaturas apresentam médias elevadas o ano inteiro. As mudanças observadas no comportamento médio da atmosfera são bem mais acentuadas nessas latitudes e aumentam gradativamente em direção aos polos geográficos.

Varejão-Silva (2006, p. 17) explica que

A vegetação nativa costuma responder a essas mudanças, às quais ajustam suas fases de desenvolvimento. [...] muitas das árvores que vegetam nas latitudes médias perdem suas folhas durante o outono, deixando um tapete colorido nas calças (*sic*). Por outro lado, após um inverno rigoroso, que em geral atravessam em hibernação (mínima atividade biológica), as plantas daquelas regiões iniciam uma intensa atividade vegetativa com a chegada da primavera, que é a estação das flores. Assim, os frutos vão crescer durante o verão, quando ocorrem as maiores temperaturas e a máxima atividade fotossintética.

Este comportamento do reino vegetal é típico das zonas temperadas e revela forte influência do movimento anual aparente do Sol na formação de diferentes paisagens climáticas e botânicas nas regiões de médias latitudes. Aliás, os conhecidos estereótipos das quatro estações do ano vêm dessas regiões do globo, tais como a “primavera é a estação das

flores”, o “verão é a estação mais quente”, o “outono é a estação da queda das folhas” e o “inverno é a estação da neve”.

Sabe-se que a declinação aparente do Sol na direção norte-sul ao longo do ano provoca mudanças significativas no comportamento médio do ar atmosférico, sendo que nos solstícios os hemisférios geográficos norte e sul são iluminados e aquecidos desigualmente pelo Sol. Segundo Varejão-Silva (2006), a presença de núcleos com temperaturas médias mais elevadas é constatada no hemisfério onde ocorre o verão devido à perpendicularidade dos raios sobre o hemisfério considerado (vide Mapas 02 e 03).

Sobreira (2010, p. 51-2), por sua vez, explica que

Na data do Solstício de Verão para o Hemisfério Sul, quando o Sol está mais ao Sul do Equador Celeste, o fluxo e a intensidade da radiação e da luz solar atingem e iluminam desigualmente os hemisférios geográficos. O hemisfério geográfico sul recebe mais luz e calor (Verão) em razão da *perpendicularidade* dos raios solares nas horas do meio do dia, enquanto o Hemisfério Geográfico Norte recebe menos luz e calor (Inverno), por causa da *obliquidade* dos raios solares durante todo o dia. No Solstício de Inverno no hemisfério geográfico Sul, quando o Sol está mais ao Norte do Equador Celeste, este hemisfério recebe menos luz e calor (Inverno), em decorrência da *obliquidade* dos raios solares durante todo o dia, enquanto o hemisfério geográfico Norte recebe mais luz e calor (Verão), por causa da *perpendicularidade* dos raios solares durante as horas do meio do dia. (grifo nosso)

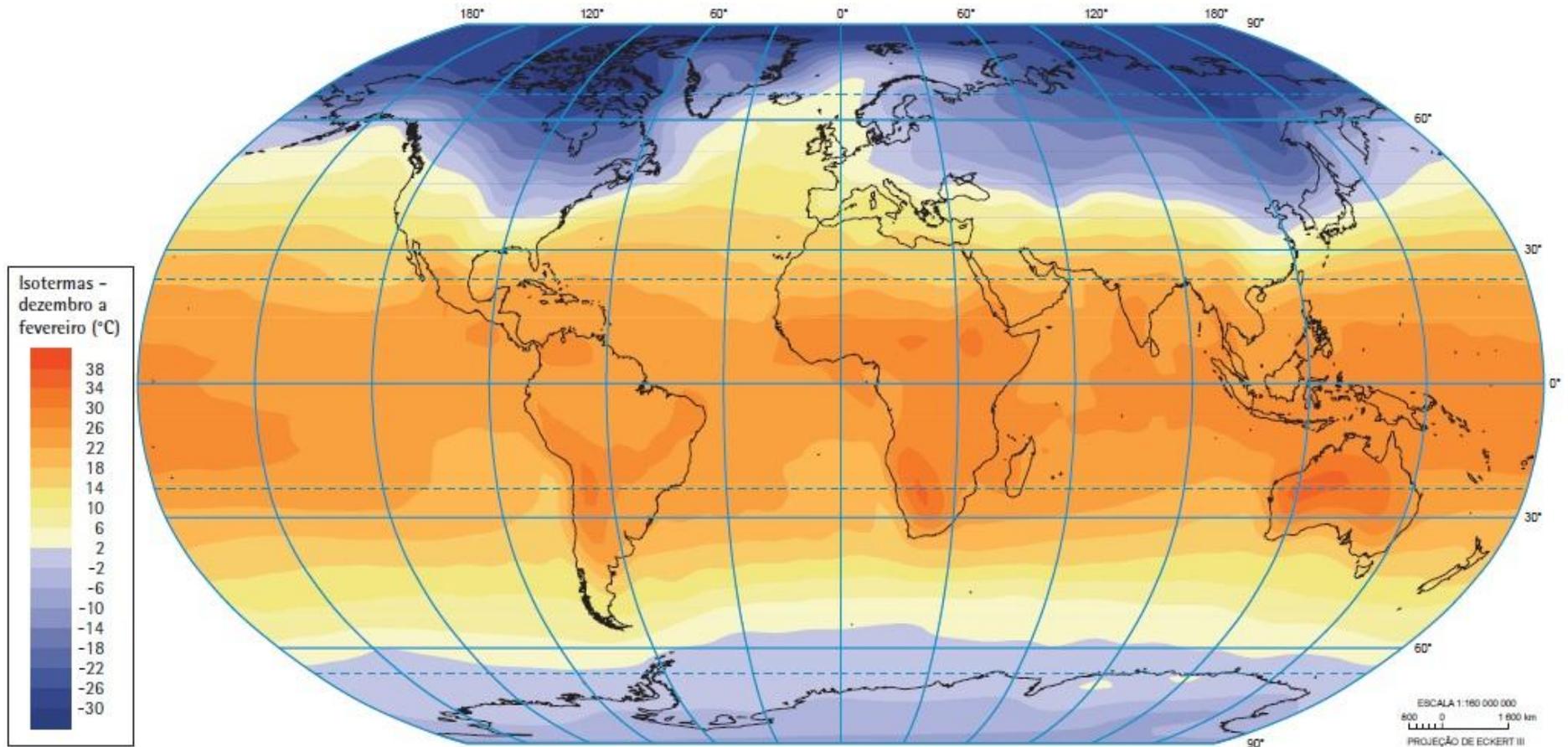
Nas latitudes dos trópicos de câncer e capricórnio, o Sol encontra-se no zênite apenas uma vez ao longo do ano em razão desses paralelos marcarem os “pontos de virada”<sup>40</sup> do astro luminoso em sua trajetória anual aparente no céu, isto é, o instante em que o Sol atinge seu máximo afastamento do equador celeste e muda aparentemente de sentido na direção norte-sul ao longo do ano solar.

Como se trata de um movimento contínuo, circular e tridimensional que se desloca em tal direção, o Sol culmina zenitalmente a cada instante em paralelos intertropicais diferentes, pois esta culminação solar acontece sempre ao meio-dia verdadeiro em relação a um único ponto de cada paralelo da faixa tropical (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Assim, o Sol passa pelo zênite duas vezes ao ano em cada paralelo localizado entre os trópicos, haja vista que o astro luminoso leva cerca de seis meses para deslocar-se aparentemente de um trópico ao outro e mais seis meses para realizar o caminho inverso no céu, completando, desse modo, um ano solar ou ano trópico (365,242199 dias).

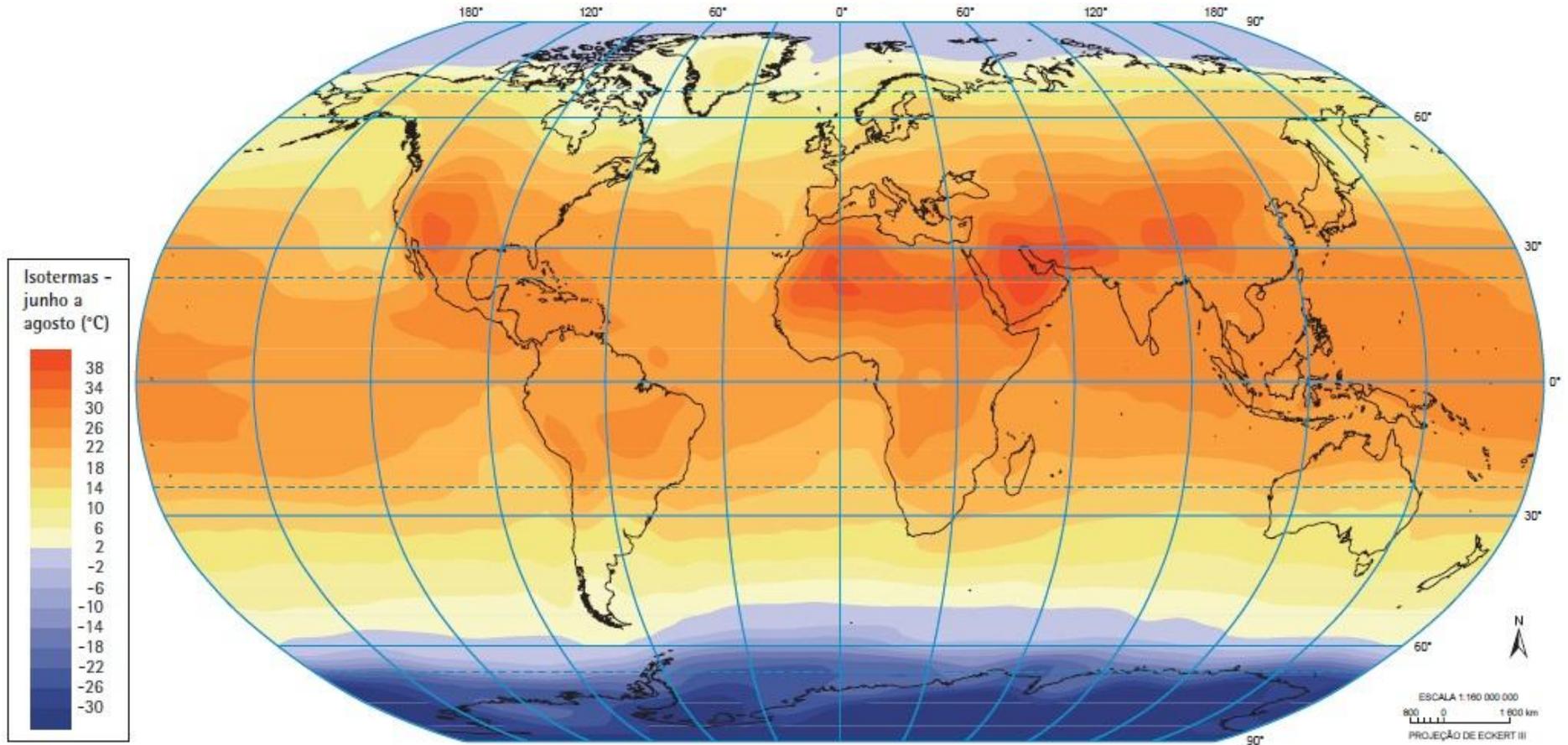
<sup>40</sup> Expressão que corresponde com “Solstício = Sol estático [latim]” (BOCZKO, 1984, p. 11).

**Mapa 02 – Temperaturas Médias Durante Solstício de Dezembro**



Solstício de verão para o hemisfério sul e solstício de inverno para o hemisfério norte. As mais elevadas taxas de temperatura média do ar atmosférico no hemisfério sul decorrem da maior perpendicularidade dos raios solares nesta época do ano, enquanto que as baixas temperaturas médias no hemisfério norte decorrem da maior obliquidade dos raios solares. **Fonte:** IBGE (2012).

**Mapa 03 – Temperaturas Médias Durante Solstício de Junho**



Solstício de inverno para o hemisfério sul e solstício de verão para o hemisfério norte. As mais elevadas taxas de temperatura média do ar atmosférico no hemisfério norte decorrem da maior perpendicularidade dos raios solares nesta época do ano, enquanto que as baixas temperaturas médias no hemisfério sul decorrem da maior obliquidade dos raios solares. **Fonte:** IBGE (2012).

As zonas polares dos hemisférios norte e sul formam as duas calotas polares da Terra que, por sua vez, contém os polos geográficos. Estas zonas climáticas possuem *latitudes altas* que variam entre 66° 33' e 90°. A calota polar do hemisfério norte é delimitada pelo círculo polar ártico<sup>41</sup>, enquanto que a calota polar do hemisfério sul é delimitada pelo círculo polar antártico<sup>42</sup>.

Mourão (1987, p. 174) lembra que tais círculos polares são os “paralelos geográficos que limitam as calotas polares nas quais o Sol pode permanecer 24 horas sem nascer nem se pôr”. Isto significa dizer que as regiões polares ficam expostas ou ocultas ao Sol durante grande parte do ano devido à inclinação do plano do equador em relação ao plano da eclíptica.

A calota polar do hemisfério norte fica exposta ao Sol entre os meses de março e setembro, sendo que em junho ocorre o solstício de verão para o hemisfério setentrional e o Sol atinge sua altura máxima no céu para um observador localizado na região do polo norte. Já no hemisfério meridional, a calota polar encontra-se exposta ao Sol entre os meses de setembro e março, uma vez que o solstício de verão acontece em dezembro para este hemisfério. Nesta época do ano, o Sol atingirá sua altura máxima no céu para um observador localizado na Antártida, isto é, na região do polo sul.

Do ponto de vista de um observador localizado nas zonas polares, o Sol permanecerá acima do horizonte cerca de seis meses – tanto para o hemisfério norte quanto para o hemisfério sul – proporcionando dias claros ininterruptos que recebem o nome de “*o grande dia polar*”. Consequentemente, não haverá o nascer e o pôr do Sol, pois ele ficará visível no céu mesmo à meia-noite, caracterizando, assim, um fenômeno conhecido por “*o Sol da Meia-Noite*” (BOCZKO, 1984).

Nota-se que o período de seis meses do grande dia polar para ambos os hemisférios é delimitado pelos equinócios que ocorrem nos meses de março e setembro, pois são nestes instantes que o Sol cruza o equador celeste ao passar de um hemisfério celeste para o outro. Logo, o “Sol nascerá apenas uma vez por ano (equinócio da primavera), e também pôr-se-á uma única vez por ano (equinócio de outono)” (op. cit., p. 124) nas latitudes polares.

Enquanto ocorre o “Sol da meia-noite” em uma calota polar há uma escuridão (noite) na outra em decorrência da inclinação do eixo terrestre. No entanto, a chamada noite polar

---

<sup>41</sup> “Ártico = artikos [grego] (relativo ao norte)” (BOCZKO, 1984, p. 130).

<sup>42</sup> “Antártico = anti [grego] (oposto) + Ártico = oposto ao Ártico” (op. cit., p. 130).

dura aproximadamente quatro meses, pois durante os outros dois meses ocorrem o crepúsculo, fenômeno luminoso causado pela luz solar refletida (Sol abaixo do horizonte) nas altas camadas da atmosfera, seja antes do nascer do Sol ou depois do pôr do Sol.

As temperaturas médias do ar atmosférico verificadas nas zonas polares são as mais baixas do planeta, geralmente inferiores a 10°C. Trata-se das regiões mais inóspitas do globo terrestre devido ao frio extremo que ocorre nas calotas polares, principalmente durante o inverno quando acontece a noite polar<sup>43</sup> (vide Mapas 02 e 03).

A extrema obliquidade dos raios solares em relação à superfície dos polos geográficos contribui significativamente para a fraca intensidade da radiação solar (ausência de acúmulo de calor) nessas regiões do globo, provocando a formação das gigantescas geleiras polares. Assim, as quatro estações do ano também não são bem definidas nas zonas polares em decorrência do intenso frio que predomina ao longo de todo o ano nas altas latitudes.

Vale ressaltar que, para os estudos geográficos, conhecer as características climáticas de outras partes do planeta é de suma importância. Para isso, o desenvolvimento da habilidade de comparação entre vários lugares nacionais e/ou internacionais – diferentes escalas e latitudes – é imprescindível para a compreensão do tema (SOBREIRA, 2002), uma vez que a latitude geográfica é um fator climático de macroescala.

No Brasil, por exemplo, não há uma nítida diferença entre as quatro estações do ano em 92% de seu território que está na zona intertropical, enquanto que nos outros 8% as estações são bem definidas, haja vista que tal porção do território nacional se encontra na zona temperada do sul, embora a dinâmica atmosférica no Brasil meridional sofra grande influência dos sistemas intertropicais (CONTI; FURLAN, 2005).

Portanto, na maior parte do país prevalece o clima tropical marcado pelas elevadas médias de temperatura do ar atmosférico ao longo do ano. Nestas regiões, segundo Sobreira (2010), predominam apenas o verão e o inverno (solstícios), enquanto que o outono e a

---

<sup>43</sup> Segundo Conti e Furlan (2005), o recorde de frio já registrado nas regiões polares foi a temperatura de 88,3°C negativos no dia 24 de agosto de 1960, na base russa de Vostok, na Antártida (época de inverno no polo sul, isto é, durante a noite polar). Além do frio rigoroso, a “turbulência atmosférica é intensa e o vento sopra, frequentemente, a mais de 100 km por hora, varrendo os flocos de neve de maneira a reduzir a visibilidade a quase zero. Tais tempestades geladas são conhecidas como *blizzards* e representam um dos maiores perigos e ameaças aos cientistas e populações nativas da região ártica e da antártica” (op. cit., p. 86, grifo dos autores).

primavera são estações sem características específicas que proporcionam situações meteorológicas intermediárias entre o verão e o inverno.

No cerrado brasileiro, segundo maior bioma do país, existem basicamente duas estações bem definidas: o verão chuvoso e o inverno seco. Já na imensa floresta amazônica, predomina-se um clima superúmido e quente com precipitações pluviais que ocorrem o ano inteiro. No nordeste brasileiro, por sua vez, o termo inverno é “coloquialmente usado no sentido de ‘época chuvosa’, provavelmente pelo fato das chuvas, em certas áreas, serem mais comuns no período compreendido entre maio e junho, como se verifica no litoral dos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas etc.” (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 17).

Dessa forma, existem inúmeros significados regionais na faixa tropical brasileira que formam um verdadeiro mosaico climático dentro do país e que permitem associar as estações ao regime de chuvas, às nebulosidades e às épocas de estiagem, por exemplo. Trata-se de características locais que nem sempre estão em harmonia com as definições astronômicas que fundamentam as estações do ano em todo o planeta, conforme já citado.

Sabe-se que o Brasil é o maior e mais importante país tropical do mundo (CONTI, 2007) e o único a ser “cortado” simultaneamente pelo equador terrestre e um dos trópicos (ATHAYDE JUNIOR, 2012). Logo, o Brasil possui terras tanto no hemisfério sul (93%) quanto no hemisfério norte (7%), além de possuir também seu território distribuído entre a zona tropical e a zona temperada do sul, conforme demonstra o Mapa 04.

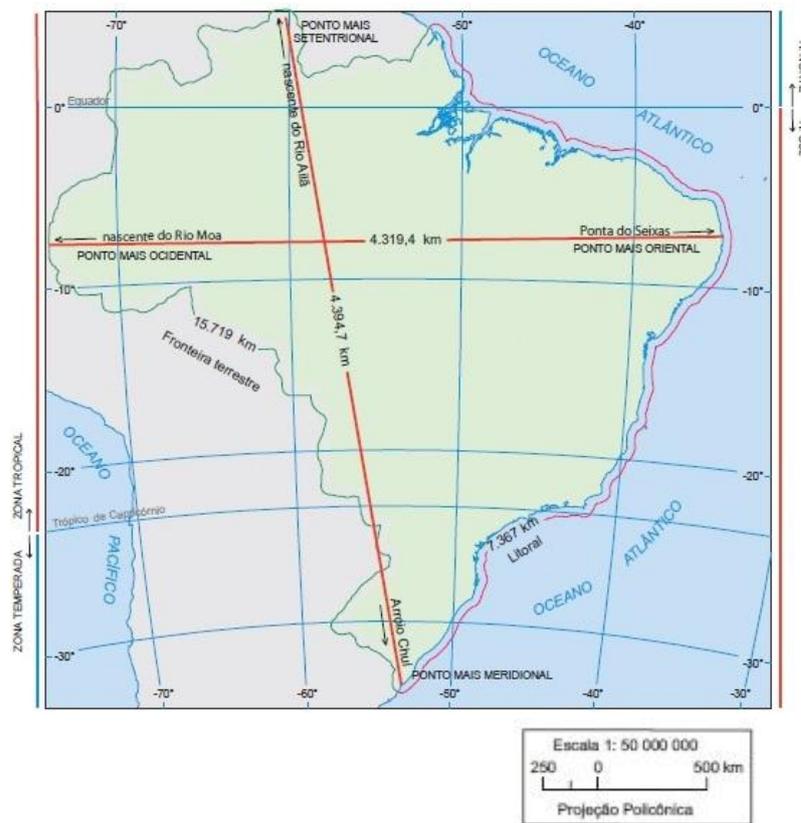
O Brasil é um país de dimensões continentais e possui, atualmente, uma extensão territorial equivalente a 8.515.767,049 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013a), ficando atrás apenas da Rússia, Canadá, China e EUA. Em decorrência de seu formato e extensão, o território brasileiro abrange uma considerável variação latitudinal (norte-sul) e longitudinal (leste-oeste).

O extremo norte do país se localiza no Monte Caburaí onde nasce o rio Ailã na fronteira com a Guiana. Tal localidade possui uma latitude de 5° 16' N e pertence ao município de Uiramutã/RR. Já o extremo sul do Brasil localiza-se no arroio Chuí que estabelece uma pequena parte da fronteira com o Uruguai. Este pequeno curso d'água nasce no município de Santa Vitória do Palmar/RS e o ponto mais meridional do rio possui uma latitude de 33° 45' S <sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Os valores latitudinais foram extraídos do Anuário Estatístico do Brasil 2012 (IBGE, 2013a).

### Mapa 04 – Pontos Extremos do Brasil



Fonte: adaptado de IBGE (2012).

Por meio dessas latitudes que correspondem aos extremos geográficos – norte e sul – do país, é possível afirmar que a extensão territorial brasileira abarca uma considerável variação latitudinal de aproximadamente  $39^{\circ} 01'$ . Apesar de esta abrangência ser predominantemente tropical, ela abarca ao longo do ano mudanças significativas no comportamento da natureza brasileira, tais como no aquecimento da superfície, umidade relativa do ar, pluviosidade, massas de ar, nebulosidade, correntes marítimas etc.

Todos esses fatores, aliados às diversidades dos biomas, às variações altimétricas do relevo brasileiro e à distribuição das terras e das águas superficiais, proporcionam um rico e complexo mosaico climático para o Brasil.

De acordo com Sobreira (2002), a partir do aprendizado de métodos que possibilitem conhecer os pontos cardeais, isto é, adquirir habilidades para a prática e o entendimento da orientação geográfica, o aluno estará cada vez mais imerso no estudo da *Cartografia*, atingindo um dos níveis básicos da alfabetização cartográfica; e também estará iniciando os estudos de *Climatologia*, pois a observação do movimento diurno e anual aparente do Sol é de

suma importância para a compreensão das estações do ano, bem como as relações deste movimento com a agricultura e o meio ambiente.

### 3.2 DIFICULDADES NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DAS ESTAÇÕES DO ANO

Sabe-se que as estações do ano constituem um tema astronômico de grande importância para a Geografia. Trata-se de um tema bastante amplo e que possui complexidades que, na maioria das vezes, não são compreendidas satisfatoriamente pelos alunos ou até mesmo pelos professores.

Pesquisas já realizadas, tais como De Manuel Barrabín (1995), Camino (1995), Bisch (1998), Parker e Heywood (1998), Trumper (2000), Sobreira (2002, 2010), Queiroz, Barbosa-Lima e Vasconcellos (2004), Langhi e Nardi (2005), Leite (2006), Longhini e Mora (2010), entre outros, têm demonstrado diversas dificuldades acerca do ensino e da aprendizagem das estações do ano, seja na Educação Básica ou na Superior.

São estudos que apontam diversos problemas que ajudam a elucidar as dificuldades que envolvem todo o processo de ensino e aprendizagem das estações do ano. As causas variam desde a má formação dos professores sobre os temas astronômicos até ao elevado nível de abstração que tais temas exigem para serem compreendidos.

Os materiais didáticos (livros e apostilas) utilizados nas escolas também contribuem para esta situação, uma vez que tais materiais pedagógicos são muito limitados e apresentam inúmeros erros conceituais.

Torna-se, por conseguinte, importante elencar as principais causas a partir das leituras que envolvem as complexidades deste processo educacional, a saber:

- a) os temas astronômicos em geral, e não somente as estações do ano, são complexos devido ao elevado nível de abstração peculiar a transcendência de seus conteúdos (MARTINS, 2009);
- b) os modelos conceituais adotados pela Astronomia geralmente não são compreendidos satisfatoriamente pelos alunos, tendo em vista “a quantidade de aspectos religiosos e místicos que estão impregnados nos modelos prévios dos alunos e que dificultam a construção dos modelos mentais científicos” (BARRIO, 2010, p. 162);

- c) a extrema juventude dos alunos de Geografia do 6º ano do Ensino Fundamental que são expostos a conhecimentos astronômicos complexos e abstratos (SOBREIRA, 2002);
- d) o despreparo dos professores de Geografia para com os assuntos de Astronomia, oriundo de uma má formação acadêmica (MARTINS, 2009);
- e) vários professores ensinam determinados conteúdos de maneira equivocada, pois geralmente eles não sabem que não sabem os conteúdos corretamente, proporcionando o que Caniato (1987) chamou de “ensino alienado”;
- f) a ausência de disciplinas voltadas para os fundamentos da Astronomia dentro da maioria dos currículos dos cursos universitários de licenciatura em Geografia no país (SOBREIRA, 2002);
- g) e as limitações e os diversos equívocos conceituais apresentados pelos livros didáticos e suas ilustrações questionáveis que remetem os alunos a diversas compreensões errôneas, principalmente sobre as estações do ano (SOBREIRA, 2002, 2010).

A questão dos livros didáticos de Geografia afeta tanto os professores quanto os alunos, pois esses materiais são na maioria das vezes as únicas fontes de pesquisa para vários professores e alunos. No caso dos docentes, este problema está relacionado às deficiências oriundas de uma má formação em licenciatura plena.

De acordo com Leite (2006), é quase consenso que a má preparação dos professores faz com que esses profissionais busquem um apoio inequívoco nos livros didáticos para suprir lacunas em suas formações acadêmicas. Tais materiais, de forma ingênua, são vistos como fontes seguras de conhecimentos, causando grande estranhamento aos professores quando percebem que muitos deles possuem erros conceituais.

Sobreira (2010, p. 38) descreve as ilustrações contidas nestes materiais ao tratar das estações do ano. O autor afirma que

Há ilustrações nos livros didáticos de Geografia [...] que mostram a órbita da Terra em torno do Sol, extremamente “achatada”. Os desenhos com órbitas exageradamente elípticas, carentes de explicações que elucidem que eles foram concebidos fora de escala e baseados em visão oblíqua, levam os estudantes e os professores a compreender erroneamente o fenômeno das Estações do Ano. Aparentemente, nesses desenhos a Terra passa por pontos em sua órbita muito próximos do Sol (alguns diâmetros terrestres) e, em outros períodos do ano, muito

mais distantes dele. Isso induz à interpretação de que as Estações do Ano ocorrem em decorrência da aproximação e ao afastamento de nosso planeta do Sol todos os anos.

Além destas lamentáveis constatações, do mesmo modo, os professores das escolas públicas têm, nos veículos de comunicação em massa e nos livros didáticos, as principais fontes de informações astronômicas para suas aulas e, lastimavelmente, tanto a televisão, quanto as revistas populares e os jornais, assim como os manuais didáticos, apresentam incontáveis erros conceituais em textos e ilustrações.

Conseqüentemente, a maioria dos alunos (e até mesmo de alguns professores) acredita ser a causa determinante das estações do ano a variação da distância entre o Sol e a Terra; e não a combinação da inclinação do eixo terrestre com o movimento de revolução do planeta, considerando-se o ponto de vista heliocêntrico.

Tal explicação para a existência das estações está fundamentada na ideia de distância. Trata-se de uma *concepção alternativa* bastante conhecida pelos pesquisadores que abordam o assunto. Segundo Langhi e Nardi (2005), as concepções alternativas fazem referência a uma ideia previamente concebida por alunos ou professores sobre determinado fenômeno natural e que, posteriormente, é trazida para a sala de aula. São ideias intuitivas e espontâneas relacionadas aos mecanismos sensoriais e perceptivos das pessoas.

As concepções alternativas (ou prévias) possuem operações mentais que buscam causalidades simples para explicar fenômenos naturais mais complexos. Logo, essas operações da mente humana formulam modelos e representações que buscam uma utilidade para justificar e compreender fenômenos da natureza, como é o caso das estações do ano.

Nesta perspectiva, surgem os chamados *modelos mentais* que correspondem ao uso de determinada visão, anteriormente estabelecida, de uma representação existente na mente de uma pessoa. Isto é, se a explicação para a existência das estações do ano estiver fundamentada na distância Terra-Sol, haverá conseqüentemente um modelo mental pautado na ideia de distância para explicar o ciclo das estações.

Diversas pesquisas já detectaram tal modelo, haja vista que esta explicação é bem típica do senso comum e aparece com certa frequência nos alunos quando o assunto é estações do ano. Parker & Heywood (1998) batizaram este modelo de interpretação mental de “modelo de distância”.

Para Borges (1997), a ideia de modelo mental se explica por meio do surgimento de um pensamento que envolve a criação de um processo de *internalização* de modelos

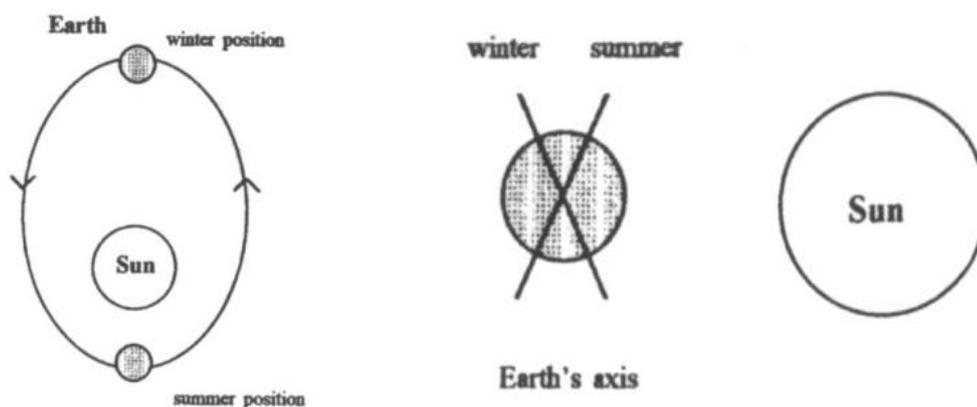
simplificados encontrados na realidade, de tal modo que a construção do modelo mental faz parte da subjetividade de cada sujeito.

No entanto, vale ressaltar que tais modelos encontram-se relacionados às concepções alternativas que, por sua vez, correspondem às experiências pessoais e aos contextos socioculturais de cada aluno. O contato social e a convivência dentro de ambientes como o escolar, por exemplo, podem contribuir grosseiramente para a formação dessas ideias. Langhi e Nardi (2005) lembram que os livros didáticos, em razão da ocorrência de inúmeros erros conceituais, acabam por definir ou moldar o perfil de determinadas concepções alternativas que remetem a modelos mentais como o “modelo de distância”.

Este é o caso das órbitas exageradamente elípticas contidas nas ilustrações de diversos materiais didáticos, conforme descrição de Sobreira (2010), logo acima, ao relatar tais desenhos. Outro modelo mental que aparece frequentemente para explicar as estações do ano chama-se “Terra cambaleante”, também denominado por Parker e Heywood (1998).

Enquanto o “modelo de distância” possui um referencial heliocêntrico e representa a órbita excessivamente elíptica, com a Terra se aproximando e se afastando do Sol, a “Terra cambaleante” possui uma oscilação no eixo de rotação terrestre, no qual aponta em direção mais próxima ao Sol no verão e muda de direção no inverno. Este último modelo possui uma confusão entre os referenciais geocêntrico e heliocêntrico.

**Figura 24 – Modelo de Distância e Modelo da Terra Cambaleante**



Representação gráfica dos modelos mentais de distância (à esquerda) e da Terra cambaleante (à direita). **Fonte:** adaptado de Parker e Heywood (1998).

Esses dois modelos mentais aparecem com frequência em pesquisas que investigam o aprendizado das estações do ano. São concepções alternativas aos modelos adotados cientificamente, sendo que ambas possuem uma forte influência do referencial heliocêntrico, principalmente o “modelo de distância”.

Conforme Queiroz, Barbosa-Lima e Vasconcellos (2004), no caso das estações do ano, o que se mostra como implícito para as pessoas é o aquecimento maior ou menor de acordo com a distância do objeto à fonte. Assim, a ciência elaborou o modelo da distribuição da radiação pela superfície de acordo com o ângulo de incidência para dar sentido a uma realidade que não é facilmente percebida pelo senso comum (que insiste em acreditar que as estações ocorrem por causa da distância da Terra ao Sol).

### 3.3 O ESQUEMA CORPORAL E AS RELAÇÕES ESPACIAIS

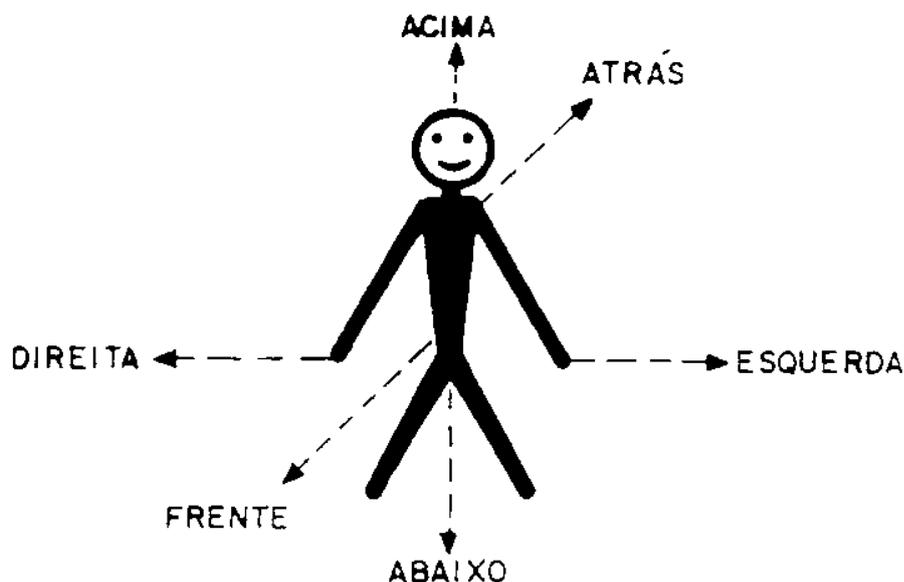
A gênese da orientação espacial está no próprio corpo humano e deve ser trabalhada com os alunos desde a infância. Em termos escolares, isto significa que a orientação no espaço geográfico começa no corpo do aluno e deve ser desenvolvida desde a 1ª fase do Ensino Fundamental.

O corpo humano possui lados e é composto por partes. Ele é tridimensional, possui uma postura ortogonal ao solo e sua morfologia possibilita que ele tenha três eixos ou vetores: frente-atrás, direita-esquerda, acima-abaixo. Esta estrutura do corpo humano é denominada *esquema corporal* (vide Figura 25).

Segundo Almeida (2006), é no esquema corporal que se encontra o centro de referência sobre o qual será estabelecido o domínio espacial. A construção da noção espacial pela criança envolve fatores de ordem *sensorial*, relativo aos sentidos e às sensações humanas, e fatores de ordem *motora*, relativos ao controle dos músculos e articulações do corpo. Logo, o sistema sensório-motor torna-se fundamental para a organização psicológica do espaço.

A relação entre o esquema corporal e o espaço geográfico (ou circundante) é construída ao longo da vida e não é tão simples quanto parece, pois envolve todo um processo de desenvolvimento cognitivo.

**Figura 25 – Esquema Corporal**



Esquema corporal composto pelos três vetores (ou eixos): frente-atrás, direita-esquerda e acima-abaixo. Tais vetores representam a tridimensionalidade do corpo humano. **Fonte:** Almeida (2006).

Almeida (2006, p. 37) explica que

O esquema corporal é a base cognitiva sobre a qual se delinea a exploração do espaço. Depende tanto de funções motoras quanto da percepção do espaço imediato. A consciência do corpo constrói-se, lentamente, até a adolescência, quando há a elaboração completa do esquema corporal, em função do amadurecimento do sistema nervoso, da relação eu-mundo e da representação que a criança faz a si mesma e do mundo em relação a ela.

Outro aspecto importante na organização espacial, relacionado com o esquema corporal, refere-se ao predomínio de um lado do corpo. Esse predomínio verifica-se no melhor adestramento de uma das mãos, de um olho, de uma das pernas, e de um pé, o que implica viver uma divisão do espaço em duas partes assimétricas. Divisão que será a raiz da análise do espaço percebido. *Trata-se de um processo de lateralização do corpo e do espaço, baseada no corpo.* O corpo tem lados e partes – que também têm lados –, com funções diferentes e que atuam sobre o meio permitindo um certo domínio espacial pela ação e pelo movimento. (grifo nosso)

O processo de formação da consciência espacial foi profundamente analisado por Liliane Lurçat (1979 apud ALMEIDA, op. cit.). Seu estudo é de suma importância para o entendimento das relações espaciais e suas implicações na localização e orientação geográficas. Segundo Lurçat, “o meio ambiente é lateralizado a partir dos vetores do esquema corporal: frente-atrás, direita-esquerda, acima-abaixo” (op. cit., p. 38).

Este é um processo de familiarização das crianças com o espaço geográfico. Durante praticamente todo o processo de alfabetização dos alunos, é possível observar que a grande

maioria dos professores de Geografia, bem como os livros didáticos, ensina que para determinar os pontos cardeais é “necessário” ficar de frente para o norte e estender os braços para determinar o leste (à direita) e o oeste (à esquerda). Por fim, o sul estará atrás do observador.

Nota-se que este é um procedimento de lateralização do meio ambiente a partir do esquema corporal, onde o eixo frente-atrás está vinculado a direção norte-sul e o eixo direita-esquerda está vinculado a direção leste-oeste. Tal método já é bem conhecido nas escolas e que, por sinal, se encontra bastante arraigado no imaginário dos alunos.

Cavalcanti (2007) constatou, por meio de entrevistas e atividades com alunos dos 6º e 7º anos do Ensino Fundamental, que alguns discentes pensam que “o norte fica sempre na frente”. Segundo eles, foi o próprio professor de Geografia que “ensinou” isso para a turma.

Caniato (1987), por sua vez, chamou este procedimento de “a regra dos braços” e verificou também que milhares de professores utilizam este método com seus alunos. O autor descreve como os professores ensinam tal regra: “[...] *a gente abre os braços horizontalmente para os lados. Aí a gente vira o braço direito para o ponto em que o sol nasce; esse é o Ponto Leste. O braço esquerdo aponta para o Ponto Oeste. O Norte estará bem na nossa frente e o Sul estará atrás de nós*” (op. cit., p. 45).

O problema é que os professores e os livros didáticos estão reproduzindo raciocínios fixos e equivocados. Isto é, a escola está contribuindo grosseiramente para este processo ao reforçar um “raciocínio cristalizado, dificultando o desenvolvimento do pensamento reversível” (CAVALCANTI, op. cit., p. 46).

Ao considerar o norte sempre à frente do observador, como se fosse um referencial fixo e centralizado, cristaliza-se o leste à direita, o oeste à esquerda e o sul às costas do observador, o que não é correto. Almeida (2006, p. 54) alerta que

É bom esclarecer que o uso do corpo do aluno como referencial para determinar as direções geográficas poderá levá-lo a ideias equivocadas, como achar que o leste está sempre à direita, sem observar a trajetória do Sol. *As relações espaciais devem descentrar-se dos referenciais do esquema corporal*, por isso o uso dos lados direito e esquerdo do corpo associados à direção leste-oeste não parece adequado. A direção leste-oeste decorre do movimento de rotação da Terra e de sua posição em relação ao Sol e nada tem a ver com os lados do corpo humano. (grifo nosso)

Dessa forma, assimilar a direção leste-oeste com o vetor corporal direita-esquerda, como recomendam os livros didáticos, só serve para confundir o aluno. Muitos professores, ainda hoje, insistem em ensinar seus alunos a apontar o braço direito para o lado onde o Sol nasce a fim de determinar o ponto cardinal leste, o que também está errado, pois o Sol só nasce sobre este ponto cardinal durante os equinócios.

A mudança na posição do observador em relação ao espaço geográfico é fundamental para descentralizar as relações espaciais dos vetores do esquema corporal, conforme colocado por Almeida (2006). Essa alteração do ponto de vista permite desvincular os eixos frente-atrás e direita-esquerda das direções geográficas norte-sul e leste-oeste, respectivamente, o que proporciona um pensamento mais reversível e descentralizado.

No esquema corporal, a projeção dos vetores do corpo humano no espaço postural é configurada da seguinte forma: o vetor acima-abaixo é absoluto, e os vetores esquerda-direita e frente-atrás são relativos. Isto significa que nos “mecanismos de *projeção dos referenciais do esquema corporal*, o eixo frente-atrás determina o eixo esquerda-direita, o que os torna, necessariamente, vinculados” (op. cit., p. 40, grifo da autora).

O vetor acima-abaixo não muda porque ele é determinado pela força da gravidade. Para o esquema corporal, o que é concebido como “em cima” e “embaixo” é absoluto, mas os lados direito e esquerdo do corpo humano são determinados pela posição do observador no espaço circundante, isto é, para onde o corpo está direcionado no ambiente que o cerca.

Almeida (op. cit. p. 38) lembra que “há uma polarização do campo superior e do frontal, devida (*sic*) aos movimentos de alimentação e à ação dos órgãos faciais”, principalmente a visão.

Bisch (1998), por sua vez, afirma que o domínio das relações espaciais, bem como a articulação entre os referenciais topocêntrico e heliocêntrico, é fundamental para a compreensão das estações do ano. Segundo o autor,

[...] a capacidade de coordenação de diferentes pontos de vista, de relativização de seu próprio ponto de vista é essencial para a compreensão da articulação existente entre o ponto de vista local, preso a superfície da Terra, no qual vivemos, de onde observamos os astros no céu, e o ponto de vista heliocêntrico, ou do “espaço”, de onde se observaria a Terra toda vista de fora, o qual é utilizado em praticamente todas as explicações acerca dos fenômenos astronômicos básicos trabalhados no ensino fundamental, como, por exemplo, a direção da gravidade, os movimentos da Terra, dias e noites, fases da Lua e estações do ano. Portanto, antes que a criança

atinja este tipo de coordenação e relativização de pontos de vista, o ensino e compreensão destes fenômenos básicos ficarão comprometidos. (op. cit., p. 113)

Logo, é preciso dominar as relações espaciais, primeiramente, para depois compreender os fenômenos astronômicos básicos, como é o caso das estações do ano. A relação espacial projetiva (PIAGET, 1978) é fundamental neste processo cognitivo para conciliar os referenciais topocêntrico e heliocêntrico.

Compreender o esquema corporal é essencial neste contexto, uma vez que a estrutura do corpo humano está intrínseca ao referencial local – topocêntrico – nas relações espaciais que envolvem a posição do observador e as direções do espaço geográfico.



## 4 A INVESTIGAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO PLANETÁRIO DA UFG

A pesquisa empírica do presente trabalho é marcada por uma investigação educativa realizada no âmbito do Planetário da UFG. Trata-se de um *estudo de caso* como método de pesquisa. O percurso metodológico, por sua vez, foi concebido de acordo com as aplicações de dois questionários envolvidos na investigação. Portanto, acredita-se que “a metodologia se materializa na aplicação do conteúdo” (CANIATO, 1987, p. 13).

O público avaliado é composto por três turmas de alunos do curso de graduação em Geografia, sendo duas turmas da Universidade Federal de Goiás (UFG) e uma da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Por conseguinte, tem-se um estudo de casos múltiplos (YIN, 2010), uma vez que a investigação empírica é composta por três pequenos grupos que estão incluídos no mesmo trabalho.

Embora a metodologia desta pesquisa seja guiada pelo estudo de caso, torna-se importante a insurgência contra a ideia do método único, de uma prática única e exclusiva de sala de aula. Nesta perspectiva, Laburú, Arruda e Nardi (2003) tecem importantes considerações metodológicas acerca das limitações dos paradigmas pedagógicos e os perigos de tomá-los, isoladamente, como regras únicas da prática docente.

Os autores propõem uma pluralidade metodológica para a educação científica, pois partem “do pressuposto de que todo processo de ensino-aprendizagem é altamente complexo, mutável no tempo, envolve múltiplos saberes e está longe de ser trivial” (op. cit., p. 248).

Em consonância com o pensamento supracitado, acredita-se que esta abertura metodológica é de suma importância para atingir com eficácia os objetivos no campo de pesquisa educacional. Trata-se, pois, de assegurar determinadas circunstâncias que a complexidade do estudo envolve, haja vista que a metodologia é a parte operacional do método.

### 4.1 FERRAMENTAS DE ANÁLISE: OS QUESTIONÁRIOS PRÉVIO E POSTERIOR À AULA

Para realizar a investigação empírica foram elaborados dois questionários diagnósticos relacionados ao tema contemplado pela pesquisa: as estações do ano.

O primeiro questionário foi elaborado para ser aplicado antes de uma aula realizada na cúpula central do Planetário da UFG, com o objetivo de detectar as concepções prévias dos alunos investigados. O segundo questionário foi elaborado para ser aplicado após a aula com o intuito de investigá-los em relação ao aprendizado ocorrido durante a mesma.

Todas as questões dos dois questionários abordam as estações do ano a partir do referencial topocêntrico para manter a consonância com a realidade observacional dos alunos e com o projetor óptico-mecânico do Planetário da UFG.

Os questionários são formados por questões objetivas de múltipla escolha com 04 (quatro) alternativas cada, sendo que o questionário posterior à aula foi pensado e elaborado para ser aplicado sem aviso prévio aos alunos, com o escopo de não comprometer o processo de investigação.

O objetivo central é avaliar o aprendizado dos alunos sobre as estações do ano durante a aula realizada dentro da cúpula do Planetário da UFG e quais são suas contribuições neste contexto, sejam elas positivas ou não.

Esses questionários constituem o instrumento de análise da pesquisa empírica. Trata-se de um recurso metodológico que possui tanto a capacidade de investigar o conhecimento prévio dos alunos quanto de verificar a aprendizagem dos mesmos após a aula.

Assim, os dois questionários concebem as ferramentas do trabalho para a execução da parte prática da pesquisa que, por sua vez, é de suma importância para fundamentar uma teoria, haja vista a relevância de uma metodologia ativa<sup>45</sup> que se faz necessária no percurso da construção do saber científico.

O questionário diagnóstico de conhecimento prévio possui 05 (cinco) questões e o de conhecimento posterior à aula 07 (sete) questões. Elas foram extraídas e adaptadas<sup>46</sup> de pesquisas já realizadas sobre o tema e de testes comumente utilizados sobre o ensino em

---

<sup>45</sup> Caniato (1987) faz uma reflexão sobre a importância das atividades práticas durante o processo de ensino e aprendizagem na Educação Básica, e argumenta criticamente que nossa cultura padece de uma “enfermidade” na qual o discurso é supervalorizado em detrimento de uma ação ou de uma prática no processo educacional.

<sup>46</sup> Foram realizadas adaptações à realidade local (cidade de Goiânia) e algumas questões sofreram pequenas modificações em algumas alternativas com o intuito de aperfeiçoá-las teórica e didaticamente.

Astronomia, como é o caso da segunda versão do *Astronomy Diagnostic Test* (ADT 2.0)<sup>47</sup> e das provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)<sup>48</sup>.

O primeiro teste ficou estruturado da seguinte forma: as questões 01 e 02 foram extraídas de Longhini & Mora (2010), a questão 03 foi extraída e adaptada de Trumper (2000), e as questões 04 e 05 foram por nós elaboradas. Já o segundo teste ficou estruturado assim: as questões 01 e 02 foram extraídas e adaptadas do ADT 2.0, a questão 03 foi elaborada por nós, a questão 04 extraída e adaptada da OBA, a questão 05 extraída e adaptada de Trumper (2000), e as questões 06 e 07 foram elaboradas também por nós<sup>49</sup>.

As 12 (doze) questões dos dois questionários abordam conteúdos diretamente relacionados às estações do ano, a saber: a passagem do Sol pelo zênite; o Sol da meia-noite nas calotas polares; e o movimento aparente do Sol no céu ao longo do ano e sua percepção nos horizontes leste (Sol nascente) e oeste (Sol poente). Como o referencial privilegiado pela pesquisa é o topocêntrico, o esquema corporal e a lateralidade aparecem em algumas questões.

Todos os tópicos estão presentes tanto no questionário prévio quanto no posterior, sendo que há uma correspondência direta, por tema, entre as questões do primeiro e do segundo questionários. Dessa forma, para cada questão do prévio há uma ou mais questões do posterior que faz uma correlação direta entre ambas, a partir dos temas abordados nos questionários e que se encontram distribuídos no Diagrama 01.

As três últimas questões do questionário prévio – questões 03, 04 e 05 – são repetidas no questionário posterior – questões 05, 06 e 07. Tais questões abordam diferentes posições de um observador localizado na cidade de Goiânia em relação ao Sol nascente durante os solstícios e equinócios.

Portanto, elas envolvem não só as nuances do movimento anual aparente do Sol como, também, o esquema corporal do observador. O objetivo de repeti-las após a aula na cúpula é verificar se as relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço circundante (o meio ambiente) ficaram claras para os alunos avaliados, uma vez que tais relações são fundamentais para a localização e orientação espacial (ALMEIDA, 2006).

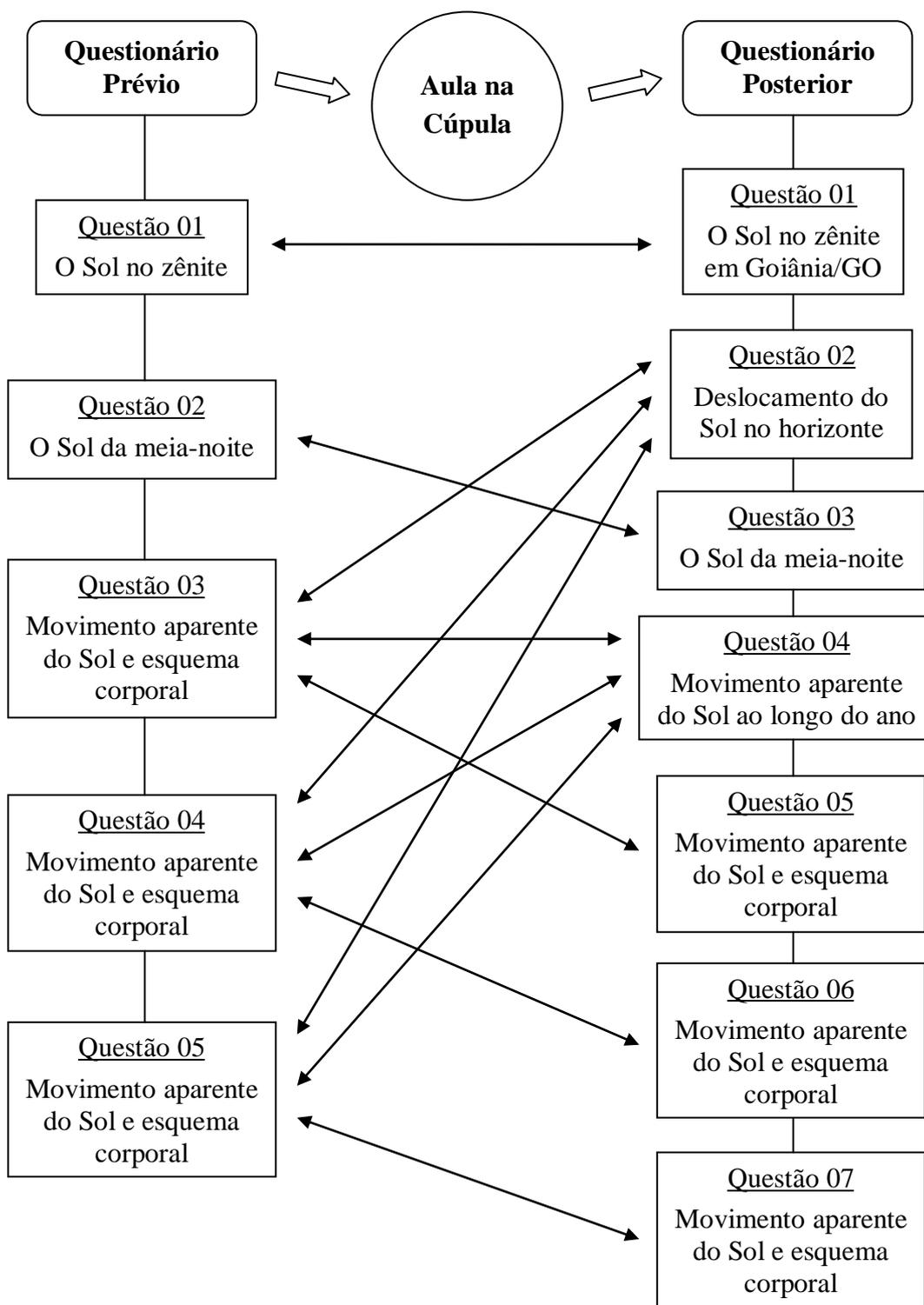
---

<sup>47</sup> Disponível em: <<http://solar.physics.montana.edu/aae/adt/>>.

<sup>48</sup> Disponível em: <<http://www.oba.org.br>>.

<sup>49</sup> Os questionários prévio e posterior encontram-se, respectivamente, nos APÊNDICES A e B.

**Diagrama 01 – Conteúdo dos Questionários e suas Relações**



Org.: ALVES, Fernando (2013)

## 4.2 A APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS E O PÚBLICO PESQUISADO

Os questionários foram aplicados em três ocasiões diferentes. Ao todo foram investigados 72 alunos durante a pesquisa, sendo que a primeira aplicação dos questionários envolveu 23 alunos, a segunda 29 alunos e a terceira 20 alunos, totalizando 72 discentes que participaram da pesquisa empírica.

Foi necessário realizar uma seleção interna das respostas deste público para a análise dos dados. Houve alunos que responderam apenas o questionário prévio, outros deixaram alguma questão em branco (sem resposta) no questionário posterior e alguns demonstraram fortes indícios de resposta aleatória e descompromissada, principalmente na segunda aplicação dos questionários.

Tais incidentes ocorreram devido a variáveis como, por exemplo, o tempo de permanência dos alunos nas dependências do Planetário da UFG ter sido relativamente extenso e exaustivo.

O segundo grupo investigado respondeu ao questionário posterior à aula na cúpula por volta das 12h30. Eles chegaram ao Planetário da UFG pouco antes das 9h00. Conseqüentemente, a maioria dos alunos deste grupo respondeu rapidamente o questionário posterior para ir almoçar<sup>50</sup>.

Dessa forma, foram estabelecidos 04 (quatro) *critérios de exclusão* para viabilizar o processo de seleção dos alunos investigados, a saber:

- a) não responder um dos dois questionários diagnósticos (prévio ou posterior);
- b) omitir alguma resposta do questionário prévio ou posterior;
- c) errar todo o questionário posterior, sendo que tenha acertos no prévio;
- d) apresentar incoerência nas respostas do questionário posterior em relação ao prévio, demonstrando indícios de falta de interesse para fornecer respostas após a aula.

---

<sup>50</sup> Neste momento alguns alunos se queixaram de fome e cansaço, demonstrando bastante ansiedade para ir embora. Este grupo veio da cidade de Goiás (142 km da capital) exclusivamente para participar das atividades oferecidas pelo Planetário da UFG. Nesta manhã de sábado, houve primeiramente uma aula sobre alguns assuntos básicos de Astronomia (conforme solicitado pelos professores do grupo) como as fases da Lua, sistema solar, eclipses, estações do ano, movimentos da Terra, entre outros. Somente após esta aula é que o grupo foi para a cúpula. No decorrer da aula dentro da cúpula, o projetor Spacemaster apresentou problemas mecânicos na variação de latitude, o que demandou mais tempo e comprometeu a qualidade da aula. Não foi possível demonstrar o fenômeno do “Sol da meia-noite”.

Realizou-se uma análise, pautada nesses critérios, dos dados obtidos por aluno, isto é, individualmente. Foram excluídos 16 discentes ao todo, sendo que dois alunos enquadraram-se no 1º critério, três no 2º critério, três no 3º critério e oito no 4º critério.

Após a seleção, o público investigado ficou com 56 discentes ao todo. O primeiro grupo com 19 alunos, o segundo com 17 alunos e o terceiro com 20 alunos.

Os discentes não são identificados no trabalho, pois os alunos são apresentados por meio de números que, por sua vez, são expostos no decorrer das análises sobre os resultados obtidos, conforme for necessário.

Todos eles receberam os questionários impressos apenas para assinalar as respostas e colocar um número de identificação na folha. Durante a distribuição do questionário prévio, foi passado para cada aluno um número de identificação para ser registrado na folha. Depois foi solicitado para toda a turma que cada aluno memorizasse seu número.

O objetivo era associar o questionário prévio com o posterior individualmente, mas como o segundo questionário foi aplicado sem aviso prévio, este procedimento não foi revelado aos alunos.

Após a aula dentro da cúpula foi distribuído o questionário posterior (como uma surpresa!) e foi solicitado aos alunos que cada um colocasse o mesmo número, utilizado anteriormente, no novo teste. Este procedimento metodológico foi utilizado igualmente nas três aplicações dos questionários.

O público investigado na primeira aplicação, chamado doravante de “Grupo A”, foi uma turma do 1º período de graduação em Geografia – modalidade licenciatura – do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG), matriculados na disciplina “Cartografia I”. Tal disciplina compõe o 1º ano da matriz curricular do curso e é lecionada parcialmente no próprio planetário.

O tema da pesquisa é abordado em seus tópicos internos, haja vista que o fenômeno das estações do ano está direta e indiretamente relacionado aos estudos cartográficos. Esta aplicação foi realizada no 1º semestre de 2012, mês de abril. Trata-se de um grupo que se enquadra na Educação formal das atividades exercidas pelo Planetário da UFG.

A segunda aplicação dos questionários foi realizada com uma turma de graduandos em Geografia da Universidade Estadual de Goiás (UEG), unidade da cidade de Goiás, e

ocorreu no 2º semestre de 2012, mês de novembro. Esses alunos também são da licenciatura e do 1º ano de graduação.

O grupo veio à cidade de Goiânia em um sábado para visitar o planetário com o objetivo de realizar um trabalho de campo como atividade complementar. Portanto, trata-se de um grupo que se enquadra na Educação não formal das atividades desempenhadas pelo Planetário da UFG. Chamaremos esta turma de “Grupo B” nas análises dos resultados.

Já o terceiro grupo investigado é formado por alunos matriculados na disciplina “Climatologia I”, que também faz parte do 1º ano da matriz curricular do curso de graduação em Geografia do IESA/UFG.

Sabe-se que o evento astronômico das estações do ano é de suma importância para os estudos climáticos da Terra. A aplicação dos questionários com esta turma aconteceu em uma aula optativa da disciplina durante uma manhã de sábado. Tal aplicação ocorreu também no 2º semestre de 2012, mês de dezembro, e esta turma será identificada como “Grupo C” ao longo das discussões em torno dos resultados obtidos.

Este grupo pode ser classificado, simultaneamente, como uma atividade de Educação formal e não formal, pois se trata de uma turma do curso de Geografia, mas que não possui nenhum vínculo formal com o planetário. A visita do grupo é uma iniciativa da docente responsável pela disciplina, Profa. Dra. Juliana Ramalho Barros, que leva seus alunos anualmente ao Planetário da UFG para complementar os objetivos da disciplina.

#### 4.3 A AULA NA CÚPULA DO PLANETÁRIO DA UFG

Os questionários envolvem diretamente uma aula realizada dentro da cúpula central do Planetário da UFG. Logo, a aula na cúpula e os dois questionários – prévio e posterior – compõem os elementos metodológicos do trabalho empírico da pesquisa.

Esta aula foi ministrada pelo Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira, responsável por uma turma da disciplina “Cartografia I”. Professor este que, também, é um dos docentes responsáveis em receber grupos externos ao Planetário da UFG, que o visitam com fins pedagógicos (como é o caso dos Grupos B e C).

A aula realizada dentro da cúpula foi a mesma para os três grupos investigados, salvo as nuances que ocorrem entre uma aula e outra, pois é praticamente impossível administrar duas ou mais aulas rigorosamente idênticas.

Na aula lecionada para o Grupo B, por exemplo, houve problemas técnicos com o comando do “potenciômetro da altura polar”, relativo à variação de latitude. Isto comprometeu a qualidade da aula, pois não foi possível demonstrar com clareza diversos fenômenos relacionados com as variações latitudinais. Imprevistos e variáveis como esta fazem de cada aula um momento único, bem como a intersubjetividade existente entre professor e alunos no decorrer da mesma.

O roteiro da aula foi o mesmo para os três grupos investigados e os tópicos centrais da aula foram:

- a) sistema de coordenadas geográficas (paralelos e meridianos) e polos celestes (norte e sul);
- b) pontos cardeais – norte (N), sul (S), leste (L), oeste (O);
- c) movimento diário e anual aparente do Sol na esfera celeste;
- d) solstícios e equinócios;
- e) definição dos trópicos de câncer e capricórnio, bem como dos círculos polares ártico e antártico;
- f) a passagem do Sol pelo zênite na latitude de Goiânia ( $16^{\circ} 39' S$ );
- g) o fenômeno do “Sol da meia-noite” nos polos norte e sul.

De maneira sucinta, esses foram os assuntos trabalhados dentro da cúpula do Planetário da UFG. Todos os temas foram abordados por meio do referencial topocêntrico, de acordo com as projeções do Zeiss Jena Spacemaster (Figura 26).

**Figura 26 – Projetor Zeiss Jena Spacemaster**



**Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

Durante a aula foram acionados alguns comandos do sistema óptico-mecânico para realizar os movimentos dos astros e dos fenômenos demonstrados na cúpula. Os comandos utilizados durante a aula foram:

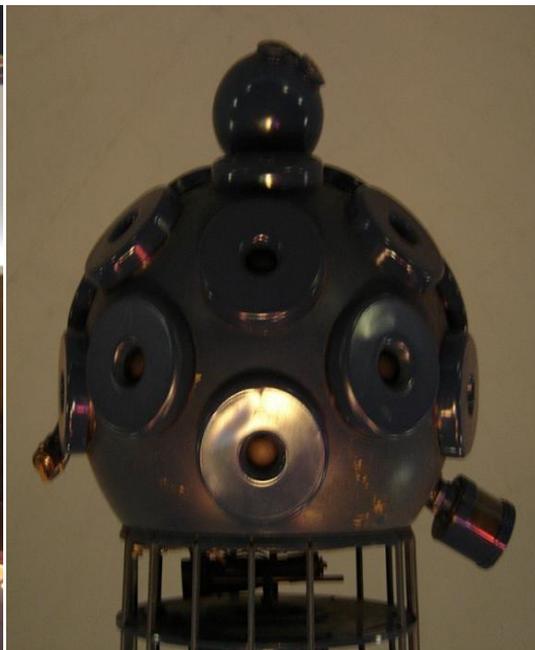
- a) constelações do zodíaco;
- b) sistema de coordenadas equatoriais e eclípticas;
- c) estrelas fixas;
- d) Sol para o sistema topocêntrico (o projetor possui também o Sol para o referencial heliocêntrico);
- e) rosa dos ventos (pontos cardeais norte, sul, leste e oeste);
- f) altura polar e ângulo de horas;
- g) equador, eclíptica e meridiano;
- h) potenciômetro da altura polar (permite variar a latitude);
- i) potenciômetros do dia e do ano.

**Figura 27 – Projetor de Estrelas do Hemisfério Celeste Norte**



**Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

**Figura 28 – Projetor de Estrelas do Hemisfério Celeste Sul**



**Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

**Figura 29 – Projetores de Constelações dos Hemisférios Celestes Norte e Sul**



Imagem dos projetores de constelações do hemisfério celeste norte à esquerda e do hemisfério celeste sul à direita. **Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

**Figura 30 – Projetores da Eclíptica Norte**



Imagem dos projetores do trecho da eclíptica norte. Ao centro o projetor do trecho do equador celeste. **Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

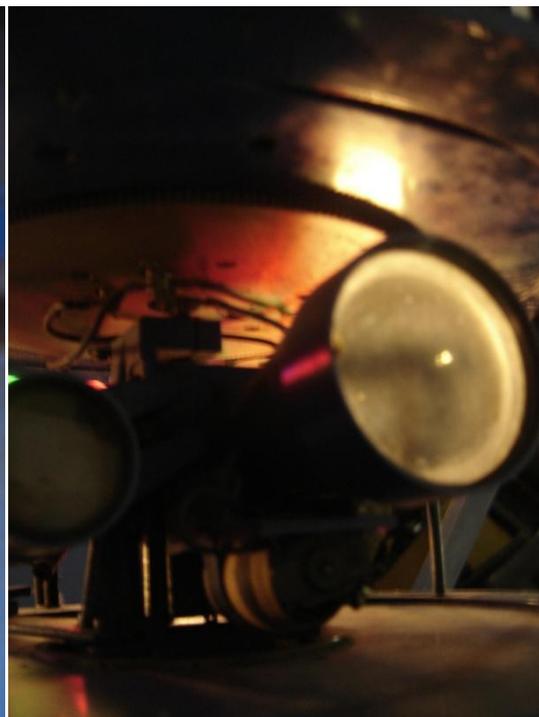
**Figura 31 – Projetores da Eclíptica Sul**



Imagem dos projetores do trecho da eclíptica sul. Ao centro o projetor do trecho do equador celeste. **Fonte:** Acervo Planetário da UFG.

**Figura 32 – Projetor do Meridiano**

Fonte: Acervo Planetário da UFG.

**Figura 33 – Projetor do Sol**

Fonte: Acervo Planetário da UFG.

Esses projetores, entre outros, compõem o Zeiss Jena Spacemaster do Planetário da UFG<sup>51</sup> e foram utilizados para realizar os movimentos necessários dos fenômenos demonstrados dentro da cúpula no decorrer da aula.

Todos os movimentos executados pelo Spacemaster são acionados pelo planetarista<sup>52</sup> por meio dos botões que compõem a “mesa de comando” (Figura 34). Quando o planetarista aciona um botão da mesa de comando, primeiramente a ordem mecânica deste comando vai para o “armário com gavetas de comando” (Figura 35) para depois se direcionar ao projetor central e, por fim, executar o movimento desejado.

Todo o projetor do Planetário da UFG gira para simular o movimento aparente da abóbada celeste e na esfera central do projetor é que se encontram os mecanismos e as engrenagens dos movimentos diurno e anual dos astros.

<sup>51</sup> O ANEXO A mostra um desenho esquemático com a descrição de todos os componentes do projetor Zeiss Spacemaster.

<sup>52</sup> Nome dado ao profissional que conduz uma sessão de planetário ou concede uma aula dentro da cúpula, utilizando os recursos de seu sistema.

**Figura 34 – Mesa de Comando**



Fonte: Acervo Planetário da UFG.

**Figura 35 – Armário com Gavetas de Comando**



Fonte: Acervo Planetário da UFG.

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir das aplicações dos questionários utilizados na pesquisa serão apresentados a seguir na forma de tabelas. Em um primeiro momento, cada grupo será analisado separadamente para depois associarem-se os dados dos três grupos investigados. O objetivo é apontar convergências e/ou divergências na análise entre os resultados obtidos, realizando posteriormente um cruzamento de casos (YIN, 2010).

A análise de cada grupo será conduzida, primeiramente, pelos resultados gerais dos conhecimentos prévios dos alunos para depois serem analisados os resultados gerais dos conhecimentos posteriores à aula na cúpula.

Na exposição dos resultados posteriores utilizaremos, para exemplificação, trechos da aula<sup>53</sup> lecionada pelo Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira e que correspondem diretamente com o tema da questão em análise. Os comentários que julgamos pertinentes para a compreensão do contexto aparecem sempre entre colchetes.

As questões estão inseridas e justificadas somente na discussão dos resultados do Grupo A para evitar a fadiga de um texto repetitivo ao longo das análises dos três grupos. Para efeitos de consulta, os dois questionários encontram-se nos APÊNDICES A e B.

Todas as questões possuem uma tabela indicando a distribuição das respostas dos alunos entre as 04 (quatro) alternativas que elas possuem. A alternativa sublinhada dentro dessas tabelas indica a resposta correta.

Durante a discussão dos resultados do questionário posterior de cada grupo será realizada, para efeito de análise, algumas correlações individuais (por aluno) com os resultados do questionário prévio.

No final da análise de cada grupo, encontra-se um quadro com a síntese dos resultados individuais da turma, bem como um breve parecer sobre o aprendizado de cada discente após a aula. Tais considerações fundamentam-se no desempenho individual do questionário posterior em relação ao prévio.

---

<sup>53</sup> Toda a aula realizada dentro da cúpula para o Grupo A foi gravada e posteriormente transcrita. Na transcrição da aula procuramos ser bastante leais ao que foi dito pelo professor e não à gramática; portanto a ocorrência de palavras como “né”, “tá”, “ó”, “pra”, “ai”, entre outras, é comum. As aulas realizadas para os Grupos B e C não foram gravadas, pois julgamos desnecessário uma vez que a aula foi a mesma para os três grupos, salvo as nuances entre elas conforme dito anteriormente. A transcrição completa encontra-se no APÊNDICE D.

## 4.4.1 Grupo A

Esta turma obteve o seguinte desempenho no questionário de conhecimento prévio:

**Tabela 01 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo A**

Alunos	Questionário Prévio				
	01	02	03	04	05
01	X	V	X	V	V
02	X	X	X	V	V
03	X	X	X	V	X
04	X	V	X	V	X
05	X	V	V	V	V
06	X	X	V	V	V
07	V	V	X	X	V
08	X	X	X	V	X
09	V	V	V	X	X
10	X	V	X	V	V
11	X	X	V	V	V
12	X	V	X	X	X
13	X	V	V	X	X
14	X	X	X	V	V
15	X	V	X	V	V
16	X	X	X	V	X
17	X	V	X	V	V
18	X	V	X	V	V
19	X	V	V	X	X
Total de Acertos	02	12	06	14	11
Total de Erros	17	07	13	05	08

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2012)

A 1ª questão aborda a passagem do Sol pelo zênite, ponto mais alto da esfera celeste. Tal fenômeno é conhecido pelas pessoas em geral através da expressão “Sol a pino”, pois se trata do momento em que o Sol passa pelo topo do céu ao meio-dia solar e fica totalmente perpendicular em relação a um observador situado na superfície terrestre, fazendo com que sua sombra desapareça sobre seus pés.

A questão aborda o fenômeno de maneira geral, situando o leitor em um determinado local da superfície e em uma determinada época do ano, definida pelos meses do calendário Gregoriano da era cristã<sup>54</sup>.

*Questão 01. Onde, em que horário e mês, uma pessoa não terá sombra? (ou sua sombra desaparecerá sobre seus pés)*

- (A) No deserto do Saara, por volta do meio-dia, em qualquer mês*
- (B) Na linha do Equador, por volta do meio-dia, em janeiro*
- (C) No trópico de Capricórnio, por volta do meio-dia, em dezembro*
- (D) No trópico de Câncer, por volta do meio-dia, em dezembro*

A passagem do Sol pelo zênite é um fenômeno raro e não acontece diariamente como muitas pessoas imaginam. Este fenômeno sempre acontece ao meio-dia solar, mas não são todos os dias e sim duas vezes ao longo do ano, isso apenas para algumas localidades da superfície da Terra, pois em diversas latitudes o Sol nunca passa pelo zênite.

Como se sabe, o Sol atinge o zênite apenas na faixa tropical do globo terrestre, delimitada pelo trópico de câncer no hemisfério norte e pelo trópico de capricórnio no hemisfério sul, o que significa dizer que o Sol nunca passa pelo zênite nas latitudes extratropicais (superiores a 23° 27’).

Este fenômeno está diretamente relacionado com as estações do ano em razão da perpendicularidade dos raios solares causada pela culminação zenital do Sol em sua passagem meridiana, gerando mais luz e calor.

Apenas dois alunos acertaram a questão. A grande maioria dos erros (14) está associada ao círculo máximo do equador terrestre, uma vez que muitos alunos relacionam a passagem do Sol pelo zênite com a latitude zero. Houve também dois erros envolvendo o deserto do Saara e um sobre o trópico de câncer, conforme demonstra a Tabela 02.

---

<sup>54</sup> Boczko (1984) e Lima Neto (2011) expõem as características e determinações de tal calendário.

**Tabela 02 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	02	14	02	01	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Esta dificuldade no aprendizado dos alunos sobre a passagem do Sol pelo zênite já foi detectada por Caniato (1987) em experiências dentro de sala de aula com alunos do curso superior de Física – licenciatura e bacharelado.

Ao relatar suas experiências, o autor diz que “a maioria dos alunos [...] achava que é meio-dia quando o Sol passa a pino. A maioria absoluta não se dava conta de que o Sol a pino é coisa rara mesmo ao meio-dia. Ninguém sabia que em grande parte do território brasileiro o Sol jamais passa a pino” (op. cit., p. 19).

Toda macrorregião Sul do país, com exceção do norte do Paraná que está localizado ao norte do trópico de capricórnio, nunca vê o Sol atingir o zênite, pois tal porção do território brasileiro possui latitudes médias no hemisfério geográfico sul<sup>55</sup>.

Muitos alunos associam o equador terrestre ao Sol no zênite devido ao forte calor que ocorre nas regiões de baixas latitudes. Porém, este fenômeno só ocorre quando o plano da eclíptica cruza o plano do equador celeste, instante este denominado equinócio e que marca o início da primavera e do outono nos meses de março e setembro (vide Figuras 15 e 17).

Outra associação equivocada, feita pelos discentes, consiste em relacionar o Sol no zênite com o deserto do Saara, sendo que as causas climáticas das altas temperaturas médias no maior deserto do mundo são particulares de sua própria natureza.

O Saara se localiza ao norte do continente africano e o trópico de câncer divide o deserto praticamente ao meio, cruzando-o por completo na direção leste-oeste. Assim, o Sol fica a pino nesta região do planeta apenas nas proximidades do solstício de verão do hemisfério norte, mês de junho, e não todos os meses do ano como sugere a alternativa A.

<sup>55</sup> Uma parte considerável do Estado de São Paulo encontra-se também ao sul do trópico. Praticamente toda a região sul do Estado, incluindo desde a Baixada Santista até o afunilamento do limite sul. O extremo sul do Mato Grosso do Sul também possui latitudes médias.

Um segundo ponto a se destacar é que toda a área do Saara ao norte do trópico, quase 50% de sua extensão total, nunca presencia o Sol no topo do céu ao longo do ano. Dois alunos assinalaram esta alternativa.

Sabe-se que o Sol fica a pino nos trópicos quando ocorrem os solstícios, instantes que marcam o início do verão e do inverno e que acontece nos meses de junho e dezembro. Quando ocorre o solstício de junho, é verão no hemisfério norte e inverno no hemisfério sul. Portanto, no dia 20 ou 21 de junho o Sol estará sobre o trópico de câncer ( $23^{\circ} 27' N$ ) e no dia 21 ou 22 de dezembro o Sol estará sobre o trópico de capricórnio ( $23^{\circ} 27' S$ ), determinando o verão para o hemisfério sul e o inverno para o hemisfério norte.

Dessa forma, o Sol estará perpendicular ao trópico de capricórnio durante o mês de dezembro em razão do solstício de verão para o hemisfério geográfico sul, conforme sugere a alternativa C. No trópico de câncer, o Sol estará a pino no mês de junho quando ocorre o solstício de verão para o hemisfério geográfico norte.

A 2ª questão aborda o “Sol da meia-noite”, fenômeno visível apenas para as regiões polares do globo terrestre durante a estação de verão. É uma pergunta relativamente simples e aborda o tema questionando-o quanto ao significado de seu próprio termo.

*Questão 02. O que é o “Sol da meia-noite”?*

- (A) Uma lenda folclórica*
- (B) O Sol que se põe à meia-noite*
- (C) Um horário noturno em que podemos ver o Sol*
- (D) O Sol que nasce à meia-noite*

O “Sol da meia-noite” é um fenômeno bastante curioso e que se encontra diretamente relacionado às estações do ano, pois ele decorre da inclinação do eixo de rotação terrestre em relação à perpendicular do plano de sua órbita e acontece durante o verão do hemisfério considerado.

A maioria dos alunos (12) acertou a questão. Dois discentes acham que se trata de uma lenda folclórica e houve algumas confusões envolvendo o ocaso e o nascimento do Sol à meia-noite, conforme demonstra a tabela abaixo.

**Tabela 03 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	02	01	12	04	19

Org.: ALVES, Fernando (2012)

O fenômeno do “Sol da meia-noite” é famoso e se encontra em filmes, meios de comunicação, internet, livros etc. No entanto, ele só pode ser observado em lugares remotos do planeta Terra, uma vez que somente nas calotas polares é possível apreciar este fenômeno da natureza, isto é, nas latitudes entre  $66^{\circ} 33'$  e  $90^{\circ}$ , tanto norte quanto sul.

Sabe-se que o círculo polar ártico no hemisfério norte e o círculo polar antártico no hemisfério sul estão nas latitudes de  $66^{\circ} 33' N$  e  $66^{\circ} 33' S$ , respectivamente. Tais paralelos delimitam as calotas polares da Terra na qual é possível visualizar o “Sol da meia-noite”.

Talvez, por conta desses fatores, alguns alunos pensam que o “Sol da meia-noite” seja uma lenda folclórica, pois se trata de um fenômeno bastante conhecido pelos meios de comunicação, mas que não faz parte da realidade local dos alunos brasileiros em geral.

A cidade de Goiânia possui uma latitude de  $16^{\circ} 39' S$ , valor este bem longínquo dos  $66^{\circ} 33'$  dos círculos polares da Terra. Isto significa que estamos muito distantes dos polos geográficos e que o fenômeno do “Sol da meia-noite” nunca será presenciado pelos alunos em Goiânia, o que dificulta sua compreensão<sup>56</sup>.

Como sugere a expressão “Sol da meia-noite”, alguns alunos pensam que se trata de um Sol nascente à meia-noite ou até mesmo de seu ocaso. O que ocorre é que o Sol não se esconde abaixo do horizonte durante o verão nas regiões polares (mês de junho para o polo norte e dezembro para o polo sul) devido à posição orbital da Terra durante os solstícios.

Por conseguinte, o Sol tangencia o horizonte e não desaparece abaixo dele para um observador na zona polar e com o passar das horas tem-se o Sol no céu à meia-noite. Trata-se, assim, de um horário noturno em que se pode ver o Sol no céu, isto é, acima do horizonte, onde ele atinge sua altura máxima no dia de solstício de verão para o hemisfério considerado. O Sol não se põe durante vários meses consecutivos, formando o grande dia polar.

<sup>56</sup> Seria necessário realizar uma viagem para o polo sul (ou polo norte) na época adequada para visualizar o fenômeno. Porém, isto envolve outras questões e dificuldades que não serão discutidas aqui.

As questões 03, 04 e 05 do questionário prévio abordam o mesmo assunto. Tais questões envolvem a relação espacial entre o movimento diário aparente do Sol e o esquema corporal em datas de solstício e equinócio. As diferenças entre as questões estão na posição do observador em relação ao espaço circundante e nas datas sugeridas em cada pergunta.

A questão 03 envolve uma situação hipotética onde um observador encontra-se de frente para o horizonte leste na cidade de Goiânia, durante o solstício de verão.

*Questão 03. Considerando um observador de frente para o Leste, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Dezembro?*

- (A) À esquerda (ou ao norte) do ponto cardinal Leste
- (B) À direita (ou ao sul) do ponto cardinal Leste
- (C) No ponto cardinal Leste
- (D) No ponto cardinal Oeste

Conforme já considerado, o Sol se desloca no céu ao longo do ano por causa da inclinação do plano do equador em relação ao plano da eclíptica. Do ponto de vista topocêntrico, isto causa uma significativa declinação do Sol em sua trajetória anual aparente.

Os dois solstícios marcam o máximo afastamento do Sol em relação ao plano do equador celeste, sendo  $23^{\circ} 27'$  N em junho – trópico de câncer – e  $23^{\circ} 27'$  S em dezembro – trópico de capricórnio. Logo, o Sol se desloca aparentemente cerca de  $47^{\circ}$  na direção norte-sul ao longo de um ano, embora haja variação deste valor dependendo da latitude<sup>57</sup>.

No solstício de dezembro, o Sol ficará perpendicular ao trópico de capricórnio determinando o verão para o hemisfério sul e o inverno para o hemisfério norte. Como a latitude de Goiânia é de  $16^{\circ} 39'$  S, o Sol nascerá nesta época do ano mais ao sul do ponto cardinal leste, ou à direita deste para um observador que se encontra de frente para o leste, conforme aponta a alternativa B.

Seis alunos acertaram a questão, quatro responderam que o Sol nascerá mais ao norte do ponto cardinal leste, seis afirmaram que o Sol nascerá no ponto cardinal leste e três assinalaram que o Sol nascerá no ponto cardinal oeste (Tabela 04).

<sup>57</sup> Sobreira (2002) demonstrou que, na latitude de São Paulo/SP ( $23^{\circ} 33'$  S), o deslocamento angular do Sol entre os dois solstícios no horizonte (tanto nascente quanto poente) é de  $51,4^{\circ}$ . Os azimutes foram contados a partir do norte e calculados por meio do software EARTSUN – version 4.6.

**Tabela 04 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	04	06	06	03	19

Org.: ALVES, Fernando (2012)

A alternativa C sugere que o Sol nascerá no ponto cardeal leste em uma data de solstício. Sabe-se que esta é uma situação que ocorre apenas nos equinócios e não todos os dias do ano como imaginam muitos alunos ou até mesmo alguns professores.

O Sol nasce diariamente no *lado* leste do horizonte e não no ponto cardeal leste, uma vez que o sentido do movimento de rotação da Terra é de oeste para leste, fazendo com que toda a abóbada celeste movimente-se aparentemente no sentido contrário, ou seja, de leste para oeste.

Três alunos parecem não compreender esta dinâmica, pois responderam que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativa D). Já os quatro alunos que marcaram a alternativa A demonstram saber que o Sol não nasce no ponto cardeal leste todos os dias, mas erraram a posição do Sol no horizonte nascente de acordo com a data proposta pela questão.

A questão 04 considera um observador de frente para o lado norte do horizonte, em Goiânia, durante o equinócio de primavera.

*Questão 04. Considerando um observador de frente para o Norte, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 23 de Setembro?*

- (A) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal Oeste*
- (B) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal Leste*
- (C) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal Leste*
- (D) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal Oeste*

Por se tratar de um equinócio, o Sol nasce sobre o ponto cardeal leste nesta data. O equinócio em questão é o de setembro que marca o início da primavera para o hemisfério sul e o início do outono para o hemisfério norte.

Uma maioria expressiva do grupo (14) acertou a questão e cinco alunos erraram ao assinalar a alternativa C. Esta resposta afirma corretamente que o Sol nasce no ponto cardinal leste, mas sugere que o astro luminoso esteja à esquerda do observador, o que não está correto. Como o observador está de frente para o norte, o Sol só poderá nascer à sua direita. Ninguém assinalou as outras duas alternativas, conforme demonstra a tabela abaixo.

**Tabela 05 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	00	14	05	00	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

O fato de ninguém ter assinalado as alternativas A e D demonstra que todos os alunos deste grupo sabem que o Sol não nasce no ponto cardinal oeste (ou mesmo no lado oeste do horizonte). Porém, na questão anterior, três alunos responderam que o Sol nascerá “no ponto cardinal Oeste” (Alternativa D).

Provavelmente, os erros da questão 03 estão relacionados à coordenação dos pontos de vista no espaço, pois esta pergunta coloca o aluno em uma situação na qual ele está de frente para o leste e não de frente para o norte como sempre sugerem os livros didáticos.

Os três discentes que assinalaram a alternativa D da questão 03, os alunos 15, 16 e 18, acertaram a questão 04. Ou seja, com o observador de frente para o norte eles conseguiram coordenar, corretamente, o ponto de vista com as direções geográficas no espaço circundante. Mas com a mudança de perspectiva para o leste, a relação espacial entre a posição do corpo e o espaço ambiente, por meio da orientação pelo Sol, ficou totalmente confusa uma vez que eles afirmaram que o Sol nascerá no lado oeste do horizonte.

Certamente, o expressivo número de acertos na questão 04 está relacionado aos livros didáticos de Geografia e aos ensinamentos da prática docente que, ao longo da Educação Básica, criam um raciocínio cristalizado nos discentes ao colocá-los, fixadamente, de frente para o lado norte do horizonte, conforme quase sempre sugerem as ilustrações dos materiais didáticos quando o assunto é movimento aparente do Sol no céu.

A questão 05 sugere outra situação hipotética na qual o observador está de frente para o lado sul do horizonte, em Goiânia, durante o equinócio de outono.

*Questão 05. Considerando um observador de frente para o Sul, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Março?*

- (A) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (B) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (C) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (D) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste

Esta questão é muito parecida com a anterior (questão 04), pois se trata do Sol nascente em uma data de equinócio. Isto significa que o Sol aparecerá sobre o ponto cardinal leste, mas a pergunta coloca o observador de frente para o lado sul do horizonte e não mais para o lado norte.

A mudança na posição do observador em relação ao espaço geográfico é fundamental para descentralizar as relações espaciais dos vetores do esquema corporal. Esta alteração do ponto de vista permite desvincular os vetores frente-atrás e direita-esquerda das direções geográficas norte-sul e leste-oeste, respectivamente, proporcionando ao aluno um pensamento mais reversível e descentralizado.

Na situação-problema apresentada pela questão 05, assim como na questão 03, a “regra dos braços” (CANIATO, 1987) e a premissa de que “o norte fica sempre na frente” se tornam totalmente inválidas. Se o aluno utilizar tais “macetes”, o erro será inevitável.

A maioria dos alunos (11) acertou a questão. Houve cinco equívocos envolvendo o lado do Sol nascente (Alternativas B e C) e mais três erros relacionados à lateralidade corporal (Alternativa A), conforme tabela abaixo.

**Tabela 06 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	03	01	04	11	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Para um observador projetado de frente para o horizonte sul, o seu lado esquerdo estará para o leste e o seu lado direito estará para o oeste, e o norte estará atrás de seu corpo (situação inversa àquela apresentada na questão 04). Assim, o Sol nascerá à esquerda do observador no ponto cardinal leste, uma vez que a data sugerida se refere ao equinócio de março, conforme aponta a alternativa D.

Os alunos 04, 12 e 16 responderam que o Sol nascerá à sua direita no ponto cardinal leste (Alternativa A), mesmo estando de frente para o sul. Porém, os discentes 04 e 16 acertaram a questão 04, o que significa que eles responderam que o Sol nascerá “*no lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste*” para as duas questões.

Logo, os alunos 04 e 16 demonstraram um pensamento fixo de que o leste está sempre à direita, independente do ponto de vista do observador no espaço. Eles não desenvolveram um pensamento reversível para responder a questão 05 corretamente.

O aluno 12 inverteu os lados do observador nas questões 04 e 05, uma vez que errou as duas, demonstrando confusões de lateralidade corporal.

Os outros cinco alunos que erraram esta questão responderam que o Sol nascerá no ponto cardinal oeste (Alternativas B e C), equívoco este que não apareceu na questão 04. Os alunos 03, 09, 13 e 19 afirmaram que o Sol nascerá do lado direito do observador, o que configura uma total confusão das relações espaciais entre os vetores do esquema corporal e o espaço circundante por meio da orientação geográfica pelo Sol.

O correto é justamente o contrário: o Sol nascente no leste à esquerda do observador, uma vez que seu corpo encontra-se de frente para o sul. Os discentes 09, 13 e 19, responderam que o Sol nascerá no lado esquerdo do observador na questão 04.

Esses casos exemplificam algumas confusões sobre a coordenação dos pontos de vista do observador no espaço ambiente, pois a mudança de perspectiva exige do aluno um raciocínio flexível acerca das relações espaciais, o que implica em uma operação qualitativa da evolução cognitiva do ser humano (ALMEIDA; PASSINI, 2010).

O aluno 08, por sua vez, assinalou a alternativa B na questão 05. Ele raciocinou corretamente a lateralidade corporal do observador, mas equivocou-se ao considerar que o Sol nascerá no ponto cardinal oeste. Este aluno acertou a questão anterior.

Apesar da maioria da turma (11) ter acertado esta questão, a quantidade de acertos na questão 04 foi maior (14), o que significa que os alunos estão mais familiarizados com a orientação geográfica pela direção norte do que pela direção sul.

De certa forma, isto corrobora com a assertiva de que “a regra dos braços” e a premissa do “norte fica sempre à frente” realmente se encontram enraizadas no imaginário dos alunos.

Paradoxalmente, a realidade local da cidade de Goiânia (e de todo hemisfério geográfico sul) não condiz com os métodos de orientação voltados para o norte. Segundo Campos (1999), há uma importação dos referenciais do norte para o uso não adequado no sul, isto é, descontextualizada da realidade local. O autor afirma que

[...] mercadorias, conceitos e regras "práticas" relativas a espaço ou a tempo são exportadas do hemisfério norte para o sul, e aceitas sem a devida contextualização para nossos lugares de vida. Esse é o caso do ensino dos pontos cardeais, renitente em tomar a direção norte como o referente fundamental. (op. cit., p. 42)

A prática que consiste em colocar o observador de frente para o norte, bastante difundida pelas escolas e pelos materiais didáticos, parece não ser muito adequada para os habitantes do hemisfério sul, uma vez que a estrela *Polaris* – principal referência celeste para orientação geográfica no hemisfério norte – encontra-se abaixo do horizonte para um observador localizado no hemisfério sul.

Sobreira (1994, p. 25) afirma que esta estrela possui uma “ascensão reta  $2^{\text{h}}06^{\text{m}}44^{\text{s}}$  e declinação N  $89^{\circ} 09'$  (1975.0), ou seja, de acordo com sua declinação, concluímos que tal estrela é visível até a latitude Sul  $0^{\circ} 51'$ , praticamente no Equador terrestre ainda”. Sua posição no céu localiza-se quase que exclusivamente no hemisfério celeste norte.

Lima Neto (2011, p. 05) lembra que “no hemisfério setentrional, o pólo norte celeste pode ser encontrado facilmente localizando-se a estrela Polar (ou *Polaris* ou ainda alfa da constelação da Ursa Menor)”. De certa forma, isto justifica e legitima a prática de orientar-se no espaço geográfico de frente para o norte no hemisfério geográfico norte.

Já no hemisfério geográfico sul a realidade é diferente e a relação com os astros também, pois o céu do hemisfério celeste sul difere do céu do hemisfério celeste norte. Ou seja, a realidade local de Goiânia não condiz com a prática da orientação geográfica por meio de referenciais do norte.

Ensinar orientação geográfica em Goiânia utilizando práticas como a “regra dos braços”, por exemplo, acaba criando “conflitos freqüentes com a aceitação indiscriminada de importações estranhas aos aos (*sic*) contextos socioculturais locais em que elas se instalam” (CAMPOS, 1999, p. 46).

Assim, o autor Marcio D’Olne Campos (op. cit.) realiza uma contundente crítica à prática pedagógica que subjaz este processo educacional e elabora uma nova proposta de orientação geográfica adaptada à realidade local do hemisfério sul, na qual denomina de “SULear”. Segundo o autor,

Sabemos que, em nossas escolas, continua a ser ensinada a regra prática do norte pela qual, ao apontarmos a mão direita para o lado do nascente (lado leste), tem-se à esquerda o oeste, na frente olhamos para o Norte e nos colocamos de costas para o lado Sul. Essa pseudo-regra-prática, nos deixa de costas para o Cruzeiro do Sul a constelação fundamental para o ato de 'SULear-se'. (op. cit., p. 53)

O Brasil possui 93% de sua extensão territorial no hemisfério sul e 7% no hemisfério norte (SOBREIRA, 2002). Portanto, quase todo o país encontra-se no hemisfério austral que, por sua vez, tem na constelação do Cruzeiro do Sul seu principal recurso celeste para determinar a direção do ponto cardeal sul.

O método de orientação pelo Cruzeiro do Sul é relativamente simples e já foi descrito por vários autores, tais como Silvestre<sup>58</sup>, Campos (1999), Sobreira (2002), Barrio (2002), Lima Neto (2011), entre outros.

Para executá-lo é preciso prolongar quatro vezes e meia o braço maior da cruz, a partir da estrela de Magalhães (base da cruz), até chegar a um ponto imaginário no céu que é o polo celeste sul. Traça-se um segmento de reta vertical a partir do polo celeste sul até atingir o horizonte, onde estará aproximadamente o ponto cardeal sul. A altura do polo celeste, latitude astronômica, coincide com a latitude geográfica do local (BOCZKO, 1984).

Sobreira (2002, p. 161) explica que

Este método é válido em todo o Brasil, pois até a latitude 27° N, é possível ver o Cruzeiro do Sul no céu. Nos 7% de terras brasileiras situadas no Hemisfério Norte também se utiliza a estrela Polaris, para se obter aproximadamente a direção do ponto cardeal Norte. [...]

O Cruzeiro do Sul é visível no céu brasileiro em diferentes horários, em quase todas as noites, ao anoitecer ou de madrugada antes do Sol nascer, porém, como qualquer outra constelação, sua visibilidade depende da latitude, do horário e da época do ano

<sup>58</sup> Disponível em: <<http://www.silvestre.eng.br/astrologia/astrodicas/orientac/>>.

em que se quer observá-la. [...] entre as latitudes 33° S e o Pólo geográfico Sul, esta constelação é vista todas as noites do ano, sendo que a partir do Círculo Polar Antártico, a noite dura aproximadamente 4 meses, compreendendo o inverno e parte do outono. Na latitude 0°, o Cruzeiro do Sul é visto logo ao anoitecer entre os meses de abril e setembro, portanto, por 6 meses. Quanto mais ao Sul a latitude, tendo como limite o Círculo Polar Antártico, durante mais meses, o Cruzeiro do Sul permanece visível, chegando a 10 meses de visibilidade próximo à latitude de 33° S.

Percebe-se, então, que a constelação do Cruzeiro do Sul possui uma notória visibilidade no céu para as latitudes negativas<sup>59</sup>. Seu posicionamento na esfera celeste possui uma característica importante, pois o braço maior da cruz sempre aponta para o polo celeste sul. Como não há nenhuma estrela no céu que coincide com o polo em questão, usa-se o Cruzeiro do Sul para determinar a direção sul (conforme método descrito acima).

Este fator, aliado à grande visibilidade da constelação, faz do Cruzeiro do Sul a principal referência celeste de orientação geográfica para um observador situado no hemisfério geográfico sul.

Baseando-se nesses conhecimentos, Campos (1999) fundamenta sua teoria que envolve o ato de “SULear” colocando-o em contraposição ao ato de “NORTEar”, a fim de desmistificar toda a ideologia que subjaz o histórico processo de importação dos referenciais do hemisfério norte para o hemisfério sul. O autor explica sua teoria por meio da relação entre o esquema corporal e o espaço percebido (circundante), de frente para o horizonte sul:

Se estendêssemos a mão esquerda para o lado do oriente poderíamos atender ao requisito de respeito ao conceito de lateralidade, tão exigida em alfabetização da palavra nas escolas, mas desprezada para a alfabetização e leitura do mundo [...]. Com isso construiríamos uma representação simbólica, onde também com a consciência do corpo nos colocamos aptos a olhar para o Sul, adaptando-nos assim ao contexto local e do hemisfério sul nas relações céu-terra: Polar, sempre abaixo do horizonte visível e o Cruzeiro do Sul girando em torno do Polo Sul celeste e distante dele cerca de quatro vezes e meia o braço maior da cruz da constelação. Encontrado dessa forma o Polo Sul celeste, basta traçar uma perpendicular para – “suleando-se” – mirar o sul geográfico. Parte da regra prática poderia funcionar se readaptássemos a idéia da representação corporal importada. [...] importou-se o que é conceitual no Norte mas a representação conceitual não tornou-se, no Sul, assimilável ao seu objetivo. O conceito e a regra prática de lá foram postos entre aspas como representação simbólica inutilizando aqui a utilização do Norte e reforçando o caráter ideológico de dominação. (op. cit., p. 54)

<sup>59</sup> Boczek (1984, p. 53) afirma que “por convenção adota-se que a latitude é positiva quando Q pertence ao hemisfério Norte (ou *Boreal*, ou *Setentrional*), e negativa quando Q estiver no hemisfério Sul (ou *Austral*, ou *Meridional*)” (grifo do autor). A letra Q representa o valor angular da latitude.

Trata-se de um processo de readaptação da representação corporal importada do hemisfério norte para o sul, uma vez que esta importação é estranha ao contexto local de Goiânia e não se aplica na prática para um observador situado no hemisfério sul.

Tal imposição vinda do norte, além de explicitar uma ideologia europeia dominante, criou uma incongruência prática no sul ao colocar o observador de costas para o Cruzeiro do Sul e de frente para uma estrela (*Polaris*) que não é visível para ele.

Vale lembrar, também, que o verbo “nortear”, tão conhecido dos brasileiros, significa – literalmente – encaminhar em direção ao norte e, por extensão de sentido, conduzir, orientar, guiar, regular (HOUAISS, 2001); enquanto que “o encontro da direção Sul apoiado pelo Cruzeiro do Sul deveria enquadrar apenas na idéia de ‘SULear-se’, palavra que não consta dos dicionários brasileiros” (CAMPOS, 1999, p. 53).

Por estas razões, a questão 05 torna-se fundamental para a pesquisa uma vez que ela contextualiza a realidade local do aluno, em Goiânia, colocando-o de frente para o horizonte sul nas relações céu/terra. Trata-se, pois, de uma perspectiva que sugere ao discente o ato de “sulear-se” no espaço ambiente.

O outro fundamento importante que envolve as questões 03 e 05 refere-se ao pensamento descentralizado e reversível que elas propõem ao criar situações-problema que, literalmente, *desnorteiam* o aluno colocando-o de frente para as direções geográficas leste e sul, respectivamente.

Com a exposição dos resultados obtidos e das análises realizadas acima, torna-se possível registrar as principais conclusões acerca dos conhecimentos prévios do Grupo A:

- a) a grande maioria dos alunos desconhece o fenômeno da culminação zenital do Sol. Há uma forte relação com o equador terrestre (14 erros) e alguns equívocos envolvendo o deserto do Saara;
- b) a maioria do grupo compreende o significado do “Sol da meia-noite”, porém alguns alunos pensam que se trata de uma lenda folclórica ou ainda que haja o nascer ou o pôr do Sol à meia-noite;
- c) seis discentes pensam que o Sol nasce no ponto cardeal leste diariamente, ou não sabem relacionar corretamente a data de solstício de verão com a posição do Sol no horizonte leste. Alguns alunos (04) reconhecem que o Sol se desloca

aparentemente na direção norte-sul com o passar dos meses, mas confundem o sentido de tal movimento de acordo com a época do ano;

- d) os alunos estão mais familiarizados com a orientação geográfica pelo norte. Os erros envolvendo as relações espaciais por meio do movimento diário aparente do Sol são bem mais frequentes quando o observador encontra-se de frente para as direções geográficas leste e sul.

Após responderem ao questionário de conhecimento prévio, a turma assistiu a aula dentro da cúpula do Planetário da UFG e logo em seguida respondeu ao questionário de conhecimento posterior à aula, cujo resultado foi:

Tabela 07 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo A

Alunos	Questionário Posterior						
	01	02	03	04	05	06	07
01	V	V	V	V	V	V	V
02	V	X	V	V	V	V	V
03	X	X	X	X	X	V	V
04	V	X	V	V	X	V	V
05	X	V	V	X	V	X	V
06	X	V	V	X	X	V	V
07	V	V	X	X	V	V	X
08	X	V	V	V	X	V	V
09	X	X	V	X	V	V	V
10	X	X	V	V	X	V	V
11	V	V	X	V	V	V	V
12	X	X	V	V	V	V	V
13	V	X	V	V	V	V	V
14	V	X	X	V	X	V	V
15	X	X	X	X	V	V	V
16	V	X	V	X	V	X	X
17	V	X	V	V	V	V	V
18	X	V	X	V	X	V	V
19	X	V	V	X	V	X	X
Total de Acertos	09	08	13	11	12	16	16
Total de Erros	10	11	06	08	07	03	03

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2012)

A 1ª questão aborda a passagem do Sol pelo zênite em Goiânia, cidade que possui uma latitude aproximada de 16° 39' S. Trata-se de uma pergunta adaptada à realidade local dos alunos investigados. Esta questão faz uma correspondência direta com a 1ª questão do questionário de conhecimento prévio, conforme demonstrado no Diagrama 01.

*Questão 01. Em Goiânia/GO, quando é que uma haste vertical de uma bandeira não produz nenhuma sombra devido ao Sol estar incidindo diretamente sobre a haste?*

- (A) Todos os dias, ao meio-dia*
- (B) Em meados de novembro ou no início do mês de fevereiro*
- (C) O primeiro dia da primavera ou o primeiro dia do outono*
- (D) Somente o primeiro dia do verão*

A cidade de Goiânia se localiza entre o círculo máximo do equador terrestre (latitude  $0^\circ$ ) e o trópico de capricórnio ( $23^\circ 27' S$ ). Sabe-se que, em sua passagem meridiana, o Sol fica perpendicular ao equador terrestre nos equinócios que ocorrem em março e setembro, e perpendicular aos trópicos nos solstícios que ocorrem em junho e dezembro.

Para o hemisfério sul, o equinócio de setembro marca o início da primavera e o solstício de dezembro marca o início do verão, uma vez que o Sol encontra-se sobre o trópico de capricórnio. Portanto, o Sol passará pelo zênite na latitude de Goiânia entre os meses de setembro e dezembro (mais precisamente, em meados de novembro).

No solstício de dezembro o Sol atinge seu máximo afastamento do equador celeste na direção sul e muda de sentido em sua trajetória anual aparente no céu. Como haverá um novo equinócio no mês de março, o Sol estará novamente sobre o plano do equador. Por conseguinte, o Sol passará outra vez pelo topo do céu em Goiânia entre os meses de dezembro e março (neste caso, no início de fevereiro), evidenciando a alternativa B como a correta.

O professor responsável pela aula ministrada dentro da cúpula demonstrou este processo da passagem do Sol pelo zênite em Goiânia, conforme descrição a seguir:

*Bom, agora vamos colocar o Sol lá no alto para vocês verem quando é que o Sol, em Goiânia, passa no alto do céu, no pico lá no alto. Bom, vamos ligar aqui a eclíptica, então, agora eu vou fazer esse movimento que eu fiz no horizonte só que agora lá no alto, observem [demonstração do movimento]. Bom, aqui nós estamos entre janeiro e fevereiro [cálculo da data], 02 de fevereiro é quando o Sol passa pelo zênite na cidade de Goiânia. Vamos ver de novo quando ele tornará a passar [nova demonstração do movimento]. Estamos no mês 11, novembro, [cálculo da data] metade de novembro. Então, no começo de fevereiro e em novembro que o Sol passa pelo zênite na cidade de Goiânia. Então, nós temos uma situação que o Sol passa duas vezes aqui.*

Dessa forma, foi possível demonstrar aos alunos detalhadamente as épocas do ano em que o Sol fica a pino na latitude de Goiânia, uma vez que a estrutura do Planetário da UFG proporciona essa demonstração.

Apesar disso, a maioria da turma não acertou a questão ao somar um total de dez erros. Houve quatro erros envolvendo os equinócios (Alternativa C) e outros quatro erros envolvendo o solstício de verão para o hemisfério sul (Alternativa D). Dois alunos responderam que o Sol passa pelo zênite diariamente (Alternativa A).

**Tabela 08 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	02	09	04	04	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Ao considerar o baixíssimo número de acertos da turma sobre a passagem do Sol pelo zênite no questionário prévio (02 acertos), percebe-se que houve um avanço no aprendizado da turma após a aula, embora tenham persistido vários erros.

Os discentes 03 e 19 consideraram que o Sol passa pelo zênite todos os dias do ano. Ambos cometeram o erro no 1º teste em associar o zênite com o círculo máximo do equador terrestre em janeiro. Embora tenha ficado claro que a culminação zenital do Sol é um fenômeno raro, mesmo ao meio-dia solar, tais alunos permaneceram com a ideia de que o Sol a pino ocorre diariamente.

Já os alunos 05, 08, 12 e 15 assinalaram a alternativa C, ou seja, situação que ocorre apenas durante os equinócios. Como a cidade de Goiânia se localiza a 16° ao sul do plano do equador, o astro luminoso não passará pelo topo do céu nessas duas épocas do ano que ocorrem em março e setembro.

Esses quatro alunos cometeram também o mesmo erro em associar o zênite com o equador no questionário prévio. Eles continuaram, após a aula, praticamente com o mesmo pensamento, pois suas respostas no 2º teste remetem justamente às duas épocas do ano em que o Sol fica perpendicular ao equador terrestre.

Os outros quatro alunos que erraram a questão foram os discentes 06, 09, 10 e 18. Eles assinalaram a alternativa D que sugere uma situação apenas para as latitudes dos trópicos durante o solstício de verão.

No questionário prévio, os alunos 06 e 10 cometeram o mesmo erro que os demais ao associar o zênite com o equador no mês de janeiro. Já o aluno 09 acertou a 1ª questão do questionário prévio ao responder que o Sol estará a pino “no trópico de Capricórnio, por volta do meio-dia, em dezembro” (Alternativa C). Percebe-se, então, que este aluno não considerou a latitude local de Goiânia colocada pelo 2º questionário, uma vez que ele tem ciência da culminação zenital do Sol.

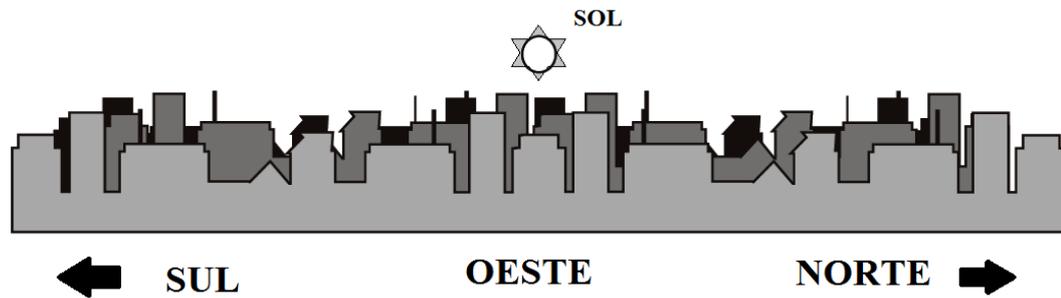
Ora, em termos de hemisfério sul a alternativa D (*Somente o primeiro dia do verão*) equivale à resposta gabaritada do 1º teste, na qual o discente 09 respondeu corretamente, pois em ambos os casos o Sol ficará perpendicular ao trópico de capricórnio no mês de dezembro, por volta do dia 21 ou 22. Provavelmente, seu erro foi desconsiderar a latitude local.

O aluno 18 foi o único que respondeu no questionário prévio que o Sol passará pelo zênite “no trópico de Câncer, por volta do meio-dia, em dezembro” (Alternativa D), situação que ocorre apenas no mês de junho quando há o solstício de verão no hemisfério setentrional. Este discente permaneceu sem compreender o fenômeno após a aula na cúpula, bem como os demais citados acima. Pode-se destacar o caso do aluno 09 que acertou a questão no 1º teste, mas errou a questão do 2º teste.

A questão 02 do questionário posterior aborda o deslocamento aparente do Sol no horizonte ao longo do ano. Trata-se de uma situação hipotética durante o equinócio de primavera para o hemisfério sul, no qual o observador encontra-se de frente para o horizonte poente. Este tema foi abordado pelas três últimas questões do questionário prévio por meio do movimento diário aparente do Sol em diferentes épocas do ano.

*Questão 02. Em 22 de Setembro, aproximadamente, o Sol oculta-se diretamente no oeste, como mostra o diagrama a seguir. Onde aparentaria se ocultar duas semanas depois?*

- (A) *Mais para o Sul*
- (B) *Na mesma posição, isto é, no ponto cardeal Oeste*
- (C) *Mais para o Norte*
- (D) *No ponto cardeal Leste*



Conforme já considerado na questão anterior, no hemisfério sul o equinócio de setembro marca o início da primavera e o solstício de dezembro marca o início do verão, uma vez que o Sol estará sobre o trópico de capricórnio ( $23^{\circ} 27' S$ ). Conseqüentemente, o Sol irá se deslocar no sentido sul nesta época do ano (Alternativa A).

O movimento anual aparente do Sol na esfera celeste foi relatado dentro da cúpula para os alunos. O trecho a seguir demonstra o momento da aula em que o assunto foi abordado.

*Agora nós vamos nos ater com relação aqui aos pontos cardeais e ao Sol [...]. Bom, espero que vocês estejam vendo aí os quatro pontos cardeais, estão vendo? O N de norte, o S de sul, o L de leste [...] e O de oeste.*

*Bom, então o que nós temos aqui, a situação é a seguinte: o caminho aparente do Sol no céu é a eclíptica que é isso que está marcado aqui, esse arco aqui no céu que está desenhado aqui pra nós, então a gente vê aqui que cada algarismo romano desse aqui significa um mês e dentro desse mês está subdividido aqui os dias, então o que acontece é que o Sol ele desfila pelo céu ao longo do ano, então quando eu coloco, por exemplo, o equador aqui projetado então nós já vemos que tem um ponto de intersecção.*

*Olha só! E vocês conseguem precisar pra mim a data, olhando aqui pelo pontilhado? Qual é a data em que há essa intersecção aqui? [cálculo da data] 23 de Setembro tem isso daí, que a gente chama de equinócio é quando começa para nós a primavera no hemisfério sul, tá certo?! Então, é o equinócio de setembro e começa o outono no hemisfério norte.*

*Agora veja que interessante: o Sol ele vem aqui longe do equador, aí ele vem cruza o equador e depois ele passa para o hemisfério celeste sul e continua se afastando do equador celeste e aí os meses passam né, mês dez, mês onze, mês doze, no mês doze, aqui no dia 22 de dezembro, é o máximo afastamento que o Sol tem do equador, aqui é chamado então de solstício, solstício de dezembro. Para nós aqui do hemisfério sul é o solstício de verão. Para o hemisfério norte é solstício de inverno.*

*Bom, e aqui continua e vocês vejam que o Sol vai novamente se aproximando do equador [...] 21 de Março ele cruza o equador novamente aí ele passa para o hemisfério celeste norte e novamente ele se afasta e aqui no mês quatro, mês cinco, mês seis, que é junho, quando chegarmos aqui no dia 21 de junho, também é o máximo afastamento que o Sol tem do equador em direção ao Norte. Então veja que interessante né, o quanto que o Sol se desloca.*

Com a projeção da eclíptica e do equador celeste na tela hemisférica da cúpula, o professor foi demonstrando todo o deslocamento aparente do Sol no céu ao longo do ano, bem como as datas dos equinócios (intersecção da eclíptica com o equador celeste) e dos solstícios (máximo afastamento da eclíptica em relação ao equador celeste).

Embora com todos os recursos do Planetário da UFG utilizados dentro da cúpula, a maioria da turma errou também esta questão. Foram onze erros ao todo, sendo que três alunos afirmaram que o Sol se põe no ponto cardinal oeste todos os dias (Alternativa B), sete erraram o sentido do deslocamento do Sol no horizonte (Alternativa C) e um discente respondeu que o Sol irá se ocultar no ponto cardinal leste (Alternativa D), conforme indica a Tabela 09.

**Tabela 09 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	08	03	07	01	19

Org.: ALVES, Fernando (2012)

Apesar de a minoria do grupo acertar a questão, ficou claro para a maioria que o Sol se desloca aparentemente em relação ao horizonte com o decorrer dos dias, pois 15 alunos demonstraram esse conhecimento em suas respostas (Alternativas A e C). O erro maior está no sentido do deslocamento do astro luminoso, haja vista que ora ele se desloca para o norte, ora ele se desloca para o sul.

Sabe-se que os dois solstícios marcam a declinação máxima do Sol ao longo do ano. Em junho o Sol encontra-se sobre o trópico de câncer (hemisfério norte) e em dezembro sobre o trópico de capricórnio (hemisfério sul). Assim, entre os meses de junho e dezembro o Sol se desloca no sentido sul e entre os meses de dezembro e junho no sentido norte.

Os dois momentos em que o Sol muda de sentido, na direção norte-sul, marcam os dois “pontos de virada” que coincidem com a projeção dos trópicos nas datas dos solstícios. Como se sabe, o termo solstício vem do latim e significa “Sol estático”, uma vez que ele, aparentemente, para no céu e muda de sentido na direção norte-sul.

No final da aula, a etimologia e o significado desses termos foram comentados:

*Agora, só uma coisa que eu queria chamar a atenção enquanto vai clareando [acendendo as luzes da cúpula]: por que do nome solstício? E o trópico? Vejam só, no solstício vocês viram o Sol se deslocar no horizonte, não foi? Então, o que acontece? Tem um momento que o Sol ele chega mais para o sul e ele parece parar e depois ele muda a direção vai para o norte e parece parar de novo e muda a direção e vem pra cá, não foi isso que vocês viram?*

*Bom, solstício é uma palavra latina que significa 'Sol parado' [...]. Então é a data em que aparentemente o Sol da uma paradinha no céu, da uma paradinha no movimento. E trópico? Trópico é uma palavra grega que significa 'ponto de virada', é a mesma coisa que o latim fala. Solstício é o 'Sol parado', trópico significa 'ponto de virada'. O Sol estava ali paradinho e ele muda o sentido dele. Por isso tem o trópico do capricórnio, ou do bode, e o trópico do caranguejo, ou do câncer, que aparentemente são na frente dessas constelações que o Sol faz essa inversão do movimento, está bom? Então, daí é que vieram esses nomes todos [...].*

Este deslocamento do Sol ficou claro para quase todo o grupo (15 alunos). Apesar de praticamente a metade dos alunos (07) errarem o sentido do deslocamento aparente do Sol ao assinalar a alternativa C, consideramos tais respostas como um avanço no aprendizado dos discentes, pois a ideia do Sol nascente e poente nos pontos cardeais leste e oeste, diariamente, ainda é muito forte no imaginário das pessoas em geral.

Apenas os alunos 03, 09 e 13 permaneceram com esta concepção alternativa após a aula na cúpula, pois eles assinalaram a alternativa B. O curioso é que os alunos 09 e 13 responderam corretamente a questão 03 do 1º teste, pergunta esta que se aproxima bastante da questão 02 do questionário posterior.

Talvez, esses erros decorrem da não compreensão, por parte dos alunos, do caráter contínuo, circular e tridimensional do movimento solar que através dos dias vai se deslocando lentamente no céu na direção norte-sul, formando uma espécie de “espiral” no céu.

A questão 03 aborda as causas do fenômeno do “Sol da meia-noite”. Tal pergunta dialoga diretamente com a questão 02 do questionário prévio.

*Questão 03. Qual é a verdadeira causa do “Sol da meia-noite”?*

- (A) O movimento de translação do planeta Terra associado aos Equinócios*
- (B) A inclinação do eixo terrestre associado ao movimento de Precessão*
- (C) A rotação do eixo terrestre associado ao alinhamento do Eclipse Solar*
- (D) A inclinação do eixo terrestre associado ao posicionamento de Solstício de Verão*

Sabe-se que este fenômeno é exclusivo das calotas polares do globo terrestre. Sua causa está relacionada à inclinação do plano do equador em relação ao plano da eclíptica e ocorre durante o solstício de verão para o hemisfério considerado.

O fenômeno polar do “Sol da meia-noite” foi demonstrado dentro da cúpula tanto para um observador situado no polo sul quanto no polo norte. Este movimento na variação da latitude é realizado pelo projetor Spacemaster, no qual proporciona aos alunos localizarem-se em qualquer região da superfície terrestre.

A seguir, trecho da aula que descreve o “Sol da meia-noite” na Antártida, polo geográfico sul da Terra (o movimento foi repetido depois no polo norte para os alunos).

*Vamos dar uma chegadinha rápida no polo sul. Para chegar lá no polo sul é esperar que esse polo celeste chegue aqui no 90°, quando ele chegar no 90° é porque nós estaremos no polo geográfico sul. E, portanto, o equador vai coincidir com o horizonte também, essa é outra curiosidade. [...]*

*O equador coincide com o horizonte, mas vocês veem a órbita aparente que o Sol faz no céu. Olha só, ele fica acima do horizonte desde 23 de setembro, passa o mês de outubro, novembro, dezembro – aliás [dia] 22 de dezembro é a maior altura que o Sol fica do horizonte –, depois janeiro, fevereiro, março, 21 de março, ele volta a se esconder, vocês já sabiam que existe o grande dia polar que dura seis meses. De setembro até março dá seis meses. Então, o Sol fica seis meses no céu e aí cada dia que passa o Sol faz isso daqui [demonstração do movimento aparente do Sol na Antártida] ele se movimenta paralelo ao horizonte, é essa coisa louca lá na Antártida. [...] Veja que lá no alto tem o polo celeste sul, ele é exatamente a projeção do eixo de rotação da Terra. [...]*

*Então, ele não se esconde, ele tangencia o horizonte [...] e agora ele volta a ficar alto no céu. E lembrando aqui o meridiano ó, quando ele passar o meridiano de novo é meio-dia. Esse é o Sol da meia-noite! Então, ele faz aqui um movimento paralelo ao círculo polar [...].*

A turma apresentou uma ligeira melhora no desempenho desta questão em relação ao questionário prévio (questão 02), pois a quantidade de respostas corretas aumentou de 12 para 13. Os outros seis discentes do Grupo A afirmaram que o “Sol da meia-noite” ocorre por causa do movimento de translação da Terra durante os equinócios (Alternativa A).

**Tabela 10 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	<u>D</u>	
	06	00	00	13	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Os alunos 03, 07, 11, 14, 15 e 18 erraram a questão. O movimento de revolução da Terra está relacionado ao “Sol da meia-noite” desde que esteja vinculado à inclinação do eixo terrestre, pois é a combinação destes dois fatores que provocam os solstícios e, conseqüentemente, o “Sol da meia-noite” na calota polar do hemisfério que passa pelo verão. Este processo nada tem a ver com os equinócios, como sugere a alternativa A.

Dos seis alunos citados acima, os discentes 07, 15 e 18 responderam corretamente a pergunta do questionário prévio sobre o tema. Os outros três (03, 11 e 14) responderam, no 1º teste, que o fenômeno se refere ao nascimento do Sol à meia-noite.

A questão 04 do questionário posterior refere-se à variação entre os períodos diurno e noturno do dia, intervalo de tempo com duração aproximada de 24 horas. Tais variações decorrem do movimento anual aparente do Sol no céu que provoca alterações na duração das partes diurna e noturna em razão dos diferentes ângulos de incidência solar na superfície.

Assim como a questão 02 do questionário posterior, esta questão dialoga com as três últimas questões do questionário prévio (Diagrama 01), uma vez que todas elas envolvem o movimento diário e anual aparente do Sol na esfera celeste.

*Questão 04. Com o passar dos meses a duração do dia (horas com luz solar), geralmente, é diferente da duração da noite (horas sem a luz solar). Em linhas gerais, isso é devido*

- (A) *Ao fenômeno das marés*
- (B) *Ao movimento de rotação da Terra*
- (C) *Ao movimento de translação da Terra*
- (D) *À trajetória anual aparente do Sol no céu ser variável*

A nomenclatura dia possui uma ambiguidade na qual deve ser esclarecida. Boczko (1984, p. 03) afirma que o termo dia é “usado indistintamente para o período claro como também para designar o intervalo de tempo entre 2 inícios do período claro, ou seja: dia = período claro + período escuro”. Portanto, o primeiro sentido de dia levantado pelo autor refere-se à parte diurna do dia que, por sua vez, possui também uma parte noturna, somando-se ao todo um período aproximado de 24 horas.

Este intervalo de tempo que compreende o dia em sua totalidade “é a média das durações dos dias verdadeiros ao longo de um ano. [...] como a duração do dia verdadeiro [dia

solar] varia com relação ao dia médio, isso significa que durante seu movimento diário o Sol tem velocidades angulares diferentes ao longo do ano” (BOCZKO, 1984, p. 161).

Esta média das durações dos dias solares<sup>60</sup> recebe o nome de *dia médio* que, por definição, tem 24<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> 00<sup>s</sup>. Dentro deste interregno de 24 horas há uma variação na duração dos períodos diurno e noturno do dia e que está diretamente relacionada às estações do ano.

Quando ocorrem os dois solstícios nos meses de junho e dezembro, o Sol atinge seu máximo afastamento do equador celeste. O fluxo e a intensidade da radiação e luz solar atingem e iluminam desigualmente os hemisférios geográficos, determinando o verão para um hemisfério e o inverno para o outro (SOBREIRA, 2010). Isto só ocorre por causa da inclinação do eixo de rotação da Terra que provoca a declinação do Sol ao longo do ano.

Conseqüentemente, a parte diurna do dia será maior que a noturna no hemisfério geográfico que ocorre o verão, e o período diurno será menor que o noturno no hemisfério que ocorre o inverno. Boczko (op. cit., p. 124) explica que

a duração máxima da parte diurna do dia ocorre no solstício de verão do hemisfério considerado: o dia claro mais longo do ano é aquele que ocorre no dia do solstício do verão. Igual análise leva a mostrar que o dia claro mais curto do ano é aquele que se dá no solstício de inverno.

Para o hemisfério sul, o dia com o maior período claro do ano será 21 ou 22 de dezembro, enquanto que a noite mais longa será 20 ou 21 de junho (para o hemisfério norte basta permutar as datas). Quanto maior a perpendicularidade dos raios solares em relação à vertical de um local na superfície, maior será o arco da eclíptica acima do horizonte, e quanto maior for a inclinação dos raios solares, menor será o arco da eclíptica.

Tal relação evidencia a alternativa D como a correta. As variações na trajetória anual aparente do Sol foram demonstradas na cúpula, conforme o trecho da aula que se segue.

*Bom, outra curiosidade é que quando o Sol avança, por exemplo, pra junho [...] vou colocar ele ali em junho, dia 21 de junho, veja como ele fica cada vez mais para o norte. [...] Olha só, vocês vejam aqui no dia 21 de junho que o Sol nasce bem para os lados do norte e depois o percurso que ele faz no céu é um percurso paralelo ao equador, mas é um arco curto, olha lá, passou pelo meridiano ao meio-dia bem deslocado para o norte e depois ele se esconde para o oeste. Então isso significa que no dia 21 de junho, solstício de inverno para nós aqui em Goiânia, o Sol faz um percurso curto no céu, um percurso que dura apenas perto de 11 horas e a noite o*

<sup>60</sup> O sistema de medida de tempo estabelecido aqui é do tipo solar: “baseado na alternância do dia e da noite; poder-se-ia dizer que é baseado no movimento diário aparente do Sol” (BOCZKO, 1984, p. 156).

*Sol fica abaixo do horizonte e, olha só, vai demorar pra ele retornar, a noite é longa é uma noite que dura perto de 13 horas.*

*Então no solstício de inverno, a noite é mais longa do que o dia [período diurno] enquanto que, vamos avançar agora o Sol pra dezembro, [...] lá pelo dia 22 de dezembro [...] nesse dia o Sol ele nasce mais para o sul e o percurso que ele faz no céu, paralelo ao equador aqui em Goiânia, veja que é um percurso mais longo, ele nem passa aqui em Goiânia nesse caso ao meio dia pelo alto do céu, o alto do céu é aqui ó 90° [zênite], veja que ele já passou [...]. É o dia mais longo do ano, o início do verão. O Sol fica perto de 13 horas acima do horizonte e abaixo do horizonte ele fica menos tempo, ele fica perto de 11 horas. Então, o solstício é quando a gente tem o dia mais longo e a noite mais curta no verão, dezembro [...].*

Outro fator importante relacionado às variações entre dia e noite nos solstícios é a latitude geográfica. A diferença entre o período diurno e noturno de um dia de solstício varia de acordo com a latitude local em uma relação diretamente proporcional. Ou seja: quanto maior a latitude geográfica, maior será a diferença entre dia e noite no início do verão e do inverno, e quanto menor for a latitude geográfica, menor será a diferença entre dia e noite durante essas estações.<sup>61</sup>

Como a latitude de Goiânia é baixa, pois são apenas 16° em uma escala que varia entre 0° e 90°, a diferença não é muito notória entre os períodos diurno e noturno no primeiro dia de verão e/ou inverno. Conforme demonstrado na cúpula, no solstício de verão a parte clara do dia chega a durar aproximadamente 13 horas e a noite dura cerca de 11 horas, sendo que no solstício de inverno será ao contrário, uma vez que a noite é maior que o dia (período diurno).

A maioria da turma (11) acertou a questão. Seis alunos associaram as variações entre dia e noite ao movimento de rotação terrestre (Alternativa B) e dois associaram ao movimento de revolução da Terra (Alternativa C), conforme a Tabela 11.

**Tabela 11 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	<u>D</u>	
	00	06	02	11	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

<sup>61</sup> Basta pensar no dia polar e na noite polar, pois tais fenômenos ocorrem em áreas de altas latitudes do globo terrestre, isto é, nas calotas polares da Terra. Como são regiões próximas aos polos geográficos norte e sul, em que se atinge a latitude máxima de 90°, a diferença entre o período diurno e noturno do dia também será extrema nos solstícios, formando-se, em um polo geográfico, dias claros ininterruptos que duram cerca de seis meses (Sol da meia-noite) e, no outro polo geográfico, noites ininterruptas que duram aproximadamente quatro meses (isto do ponto de vista meteorológico). Boczko (1984, p. 124) lembra que “para um observador no pólo, ou o Sol está acima do horizonte o dia todo (durante 6 meses) ou está abaixo (durante outros 6 meses). Dizemos então que a duração do *dia Polar* é de 6 meses, o mesmo acontecendo com a duração da *noite Polar*” (grifo do autor), considerando-se o fenômeno do ponto de vista astronômico.

Os discentes 03, 05, 06, 09, 16 e 19 assinalaram a alternativa B. Sabe-se que a duração de um dia, interregno equivalente a 24 horas, está fundamentada no movimento de rotação da Terra que leva aproximadamente este período para realizar uma volta completa em torno de seu próprio eixo. Mas, por outro lado, as variações entre as partes diurna e noturna do dia só ocorrem por causa da inclinação do eixo de rotação da Terra que, nos solstícios, provocam uma desigual iluminação solar entre os hemisférios geográficos norte e sul.

Os alunos 07 e 15 assinalaram a alternativa C que afirma ser o movimento de translação, ou melhor, de revolução da Terra que provoca a declinação do Sol no céu ao longo do ano. Em partes, esta alternativa está correta, pois as estações do ano ocorrem devido ao percurso que o planeta Terra realiza em torno do Sol; porém, não se pode omitir que a inclinação do eixo terrestre estabelece um fator determinante para a existência das estações, uma vez que é a junção desses dois fatores que causam o fenômeno das estações.

Se for considerado somente o movimento que a Terra faz em torno do Sol, não existiriam os solstícios e, conseqüentemente, as estações de verão e inverno. Ocorreria uma espécie de “*equinócio eterno*” ao longo dos anos. Na verdade, não existiria nenhuma das estações do ano nessas condições, uma vez que o eixo de rotação da Terra seria perpendicular ao plano da eclíptica.

Todos os dias o Sol nasceria no ponto cardeal leste e por-se-ia no ponto cardeal oeste, passando pelo zênite ao meio-dia solar no meridiano local do equador terrestre, não havendo deslocamento aparente do Sol ao longo do ano na direção norte-sul. Assim, teríamos 12 horas de parte clara e 12 horas de parte noturna todos os dias do ano.

Vale lembrar que tais características remontam a um modelo mental bastante comum e difundido entre alunos de diversos níveis escolares e faixas etárias, conforme pesquisas realizadas por Schoon (1992 apud SOBREIRA, 2010) e Trumper (2000)<sup>62</sup>, entre outros.

As próximas três questões do questionário posterior são as mesmas três que encerram o questionário prévio. Conforme já considerado, o objetivo de repeti-las é verificar se as relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço circundante, por meio da orientação

---

<sup>62</sup> Schoon constatou que 58,6% do público investigado responderam que o Sol oculta-se diariamente no ponto cardeal oeste e que 82,4% acreditam que o Sol passa sempre pelo zênite ao meio-dia. Trumper revelou que 55,3% dos alunos universitários que participaram da pesquisa acreditavam que o Sol nasce no ponto cardeal leste todos os dias.

geográfica pelo Sol, ficaram claras para os alunos investigados. Assim, a pergunta a seguir é a mesma da questão 03 do questionário prévio.

*Questão 05. Considerando um observador de frente para o Leste, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Dezembro?*

- (A) À esquerda (ou ao Norte) do ponto cardinal Leste
- (B) À direita (ou ao Sul) do ponto cardinal Leste
- (C) No ponto cardinal Leste
- (D) No ponto cardinal Oeste

Na análise da questão 02 do questionário posterior foram demonstrados alguns trechos da aula que retratam o movimento anual aparente do Sol no céu por meio dos arcos da eclíptica e do equador celeste, ambos projetados na tela hemisférica da cúpula.

Agora será transcorrido o instante da aula em que foi realizado o movimento anual aparente do Sol no horizonte leste. Outras características deste movimento também foram comentadas como, por exemplo, o ângulo aproximado (azimute) do deslocamento total do Sol entre dois solstícios na latitude de Goiânia.

*Vou voltar o Sol lá para o leste, vou agora acender a eclíptica e vou fazer uma “mágica”, mostrar o movimento do Sol lá no horizonte leste ao longo de todo ano. Pra gente ter alguma referência ali de horizonte, eu vou acender um pouquinho dos prédios de Goiânia, bem de “levinho”, pra gente ter uma ideia do deslocamento do Sol ali no horizonte [leste]. Então, vejam que no [dia] 21 de março o Sol nasce ali junto do ponto cardinal leste, né! Bom, vou apagar a eclíptica, vou apagar o equador e agora eu vou me calar e vou apenas mostrar o movimento para vocês, porque eu preciso usar as duas mãos. Então, fiquem de olho no que vai acontecer no movimento do Sol ao longo do ano [demonstração do movimento]. Bom, espero que vocês tenham notado que o Sol avançou mais para o norte, voltou, passou novamente aqui pelo ponto cardinal leste e foi para o sul, voltou e veio novamente para o ponto cardinal leste, ok? [...]*

*Bom, agora vocês tiveram a chance de ver o Sol se deslocando aí ao longo do ano. Perceberam bem, como que é? Então, notem que não é correto a gente dizer que o Sol nasce no ponto cardinal leste todos os dias. Não é correto dizer que o Sol se põe no ponto cardinal oeste todos os dias. O correto é dizer que o Sol nasce no lado leste, o correto é dizer que o Sol se põe no lado oeste, pois vocês viram o quanto que ele varia. E aqui nós vimos no caso de Goiânia que é intertropical, portanto a gente vê essa variação do Sol que são 23,5° para o Sul com mais uns 23,5° para o Norte e tem mais um probleminha da curvatura da Terra que vai dar aí quase uns 50° de deslocamento.*

Após a aula na cúpula, o desempenho da turma melhorou. No 1º teste apenas seis alunos acertaram a questão enquanto que, após a aula, doze discentes responderam

corretamente a pergunta, o que demonstra que a turma compreendeu melhor o tema abordado pela questão.

Foram sete erros ao todo, sendo que três alunos erraram o posicionamento do Sol no horizonte (Alternativa A) e quatro afirmaram que o Sol nasce no ponto cardinal leste no mês de dezembro, conforme indica a alternativa C.

**Tabela 12 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	03	12	04	00	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Os alunos 08, 10 e 14 responderam que o Sol nascerá ao norte do ponto cardinal leste no solstício de dezembro (verão para o hemisfério sul). Todos eles erraram esta questão no questionário prévio, sendo que os alunos 08 e 10 responderam que o Sol nascerá no ponto cardinal leste. Já o discente 14 assinalou a alternativa A, resposta que manteve após a aula.

Em relação à questão 02 do questionário posterior, pergunta bastante parecida com esta, o aluno 08 respondeu corretamente e os alunos 10 e 14 erraram a questão.

Percebe-se, então, que o aluno 08 compreendeu o caráter contínuo do movimento solar ao longo do ano e qual é o sentido tomado pelo Sol no horizonte durante o mês de setembro (questão 02 do 2º teste). Porém, sua resposta na questão 05 demonstrou que ele não associou corretamente a posição do Sol no horizonte leste com a data de solstício de verão.

O aluno 10 respondeu, tanto na questão 02 quanto na 05 do questionário posterior, que o Sol estará ao norte dos pontos cardinais leste e oeste, situação que caracteriza o inverno para o hemisfério sul e ocorre no solstício de junho.

O discente 14, por sua vez, manteve a mesma resposta em relação ao 1º teste e apresentou uma resposta incoerente na 2ª questão do questionário posterior, pois afirmou que o Sol por-se-á no ponto cardinal leste. Este tipo de erro não aparece nas demais respostas apresentadas pelo discente.

O ponto positivo das respostas dos alunos 08, 10 e 14 na questão 05 é que eles compreenderam que o Sol não nasce no ponto cardeal leste diariamente, uma vez que esta foi a resposta dos discentes 08 e 10 antes da aula na cúpula.

Já os alunos 03, 04, 06 e 18 foram os que assinalaram a alternativa C, resposta que reforça o modelo mental do “equinócio eterno”, isto é, o Sol nascente e poente nos pontos cardeais leste e oeste todos os dias do ano. O curioso é que o aluno 06 acertou esta questão antes da aula. Os demais (03, 04 e 18) erraram no 1º teste.

Em relação à questão 02 do questionário posterior, os discentes 06 e 18 acertaram a pergunta, enquanto que os alunos 03 e 04 responderam erroneamente.

O aluno 03 demonstrou, após a aula, o pensamento fixo no qual o Sol nasce no ponto cardeal leste e se põe no ponto cardeal oeste diariamente, uma vez que assinalou na questão 02 do 2º teste que o Sol irá se ocultar no ponto cardeal oeste após duas semanas.

O aluno 04 demonstrou um pensamento confuso, pois respondeu que o Sol estará ao norte do ponto cardeal oeste no horizonte poente (questão 02 do questionário posterior), mas afirmou que o Sol nascerá no ponto cardeal leste durante o solstício de dezembro, tanto no 1º quanto no 2º questionário (questões 03 e 05, respectivamente).

Os discentes 06 e 18 conseguiram, também, compreender o caráter contínuo do movimento solar no céu ao longo do ano, pois acertaram a questão 02 do questionário posterior. Mas, por outro lado, eles não conseguiram associar a posição do Sol no horizonte leste com a data de solstício de verão (questão 05 do 2º questionário).

O fato de o aluno 06 ter acertado esta questão no 1º questionário e depois da aula assinalar a alternativa C (*no ponto cardeal leste*), demonstra uma dubiedade em seu pensamento.

Dos doze alunos que acertaram a questão 05, apenas cinco responderam corretamente a questão 02 do questionário posterior. São os alunos 01, 05, 07, 11 e 19. Os outros sete cometeram o erro no sentido do deslocamento solar em relação ao horizonte poente ao longo do ano, situação-problema criada na questão 02.

Provavelmente, esses erros estão relacionados à coordenação dos pontos de vista do observador no espaço, pois uma questão coloca-o de frente para o oeste, lado poente do Sol

(questão 02), e a outra de frente para o leste, lado nascente do Sol (questão 05). Ambas abordam uma época do ano em que o astro luminoso encontra-se no hemisfério celeste sul.

Dessa forma, o Sol estará à *esquerda* do ponto cardeal oeste para um observador de frente para o horizonte poente, e o Sol estará à *direita* do ponto cardeal leste para um observador de frente para o horizonte nascente. Essas mudanças na posição do observador, relativas ao espaço circundante, exigem uma boa coordenação de pontos de vista (descentralização espacial) para que não ocorram confusões de lateralidade corporal.

A próxima questão coloca um observador de frente para o lado norte do horizonte durante o equinócio de setembro. É a mesma pergunta da questão 04 do questionário prévio.

*Questão 06. Considerando um observador de frente para o Norte, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 23 de Setembro?*

- (A) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal Oeste*
- (B) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal Leste*
- (C) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal Leste*
- (D) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal Oeste*

No levantamento das concepções prévias, revelou-se que a turma teve mais facilidade para responder esta questão, o que demonstra uma maior familiaridade dos alunos com a orientação geográfica pelos referenciais do norte. Foram 14 acertos ao todo no questionário prévio.

A situação-problema proposta pela questão 06 também foi enfatizada dentro da cúpula, conforme trecho da aula a seguir.

*Olha, vejam só [...] voltando o Sol olhando ali no horizonte, nota que o Sol nasce bem no ponto cardeal leste na data que ele está no equinócio de 21 de março. Por que chama equinócio? 'Equi' é igual, 'nócio' é noite - dia e noite [de] iguais durações. Então, o que acontece aqui é que o Sol vai fazer um percurso no céu nesse dia em cima do equador. Olha só, vou apagar a eclíptica e fazer o Sol desfilar aqui ó, olha lá. Pronto, ele fica em cima do equador o que significa que ele está no meio do céu. Qualquer lugar do planeta Terra vai receber 12 horas de luz e terá uma noite também com 12 horas de escuridão. Então, assim como o Sol nasceu no ponto cardeal leste ele vai se pôr aqui exatamente no ponto cardeal oeste. Mas, atenção! Essas datas de equinócio, o equinócio de 21 de março e 23 de setembro, são as únicas datas em que o Sol nasce e se põe nos pontos cardeais.*

A turma melhorou seu desempenho após a aula na cúpula, pois a quantidade de acertos nesta questão subiu de 14 para 16. Foram apenas três erros no questionário posterior. Os equívocos pertencem aos alunos 05, 16 e 19, sendo que os dois primeiros assinalaram a alternativa C e o último marcou a alternativa D.

**Tabela 13 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	00	16	02	01	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Os discentes 05 e 16 acertaram a questão no questionário prévio. Eles cometeram um erro de lateralidade, pois responderam que o Sol nascerá à esquerda do observador que se encontra de frente para o norte. Como os alunos 05 e 16 acertaram a questão no 1º teste subentende-se que eles saíram confusos da cúpula.

Já o aluno 19 errou a questão nos dois questionários. No prévio ele respondeu que o Sol nascerá “*no lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal leste*”, demonstrando erro de lateralidade corporal. Após a aula ele inverteu totalmente sua resposta ao assinalar a alternativa D, na qual afirma que o Sol nascerá “*no lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal oeste*”.

O erro cometido pelo aluno 19, após a aula, caracterizou um equívoco inédito na turma, pois no questionário prévio todos os alunos responderam, nesta questão, que o Sol nascerá no lado leste do horizonte.

Tais erros demonstram que algumas confusões sobre as relações espaciais, por meio da orientação geográfica pelo Sol, permaneceram após a aula. No caso dos alunos 05 e 16, que acertaram a questão no 1º teste e erram no 2º teste, percebe-se que a aula influenciou em seus erros, uma vez que eles responderam corretamente a pergunta antes de entrarem na cúpula. Os erros posteriores, em geral, explicitam ambiguidades nas conclusões dos alunos.

A questão 07 sugere uma situação hipotética na qual o observador está de frente para o horizonte sul, em Goiânia, durante o equinócio de outono. É a mesma pergunta da questão 05 do questionário prévio.

*Questão 07. Considerando um observador de frente para o Sul, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Março?*

- (A) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste*
- (B) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste*
- (C) *No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste*
- (D) *No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste*

Sabe-se que esta questão é muito parecida com a anterior, pois se trata do Sol nascente durante um equinócio. A diferença está na posição do observador no espaço geográfico que se encontra de frente para o lado sul do horizonte.

Como as questões 06 e 07 mantêm o ponto de vista do observador na direção norte-sul, durante os equinócios, o trecho da aula transcrito logo acima sobre o movimento diário aparente do Sol nas datas de equinócio vale para ambas as questões.

A turma demonstrou um bom aprendizado na questão 07 em relação ao 1º questionário. A quantidade de respostas corretas subiu de 11 para 16 após a aula na cúpula. Assim como na questão 06, permaneceram apenas três erros da turma na questão 07.

Os discentes 07 e 19 erraram o lado do Sol nascente ao assinalarem a alternativa B, enquanto que o aluno 16 errou a lateralidade corporal ao marcar a alternativa A, conforme demonstra a tabela abaixo.

**Tabela 14 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo A**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	<u>D</u>	
	01	02	00	16	19

**Org.:** ALVES, Fernando (2012)

Os discentes 16 e 19 foram os únicos que erraram as questões 06 e 07 do questionário posterior, o que demonstra que tais alunos não souberam coordenar, mesmo após a aula, os diferentes pontos de vista do observador em relação às direções geográficas.

O aluno 16 inverteu erroneamente o eixo corporal direita-esquerda em relação à posição do observador nessas questões. Já o aluno 19 acertou a lateralidade corporal nas questões 06 e 07, mas respondeu em ambas que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste. Tanto o discente 16 quanto o 19 erraram esta pergunta no questionário prévio.

O aluno 07, por sua vez, foi o único da turma que acertou a questão no 1º teste e errou após a aula. Ele raciocinou corretamente a lateralidade do observador, mas afirmou que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste.

O avanço no aprendizado da questão 07 foi superior à questão 06, comparando-as com os resultados do questionário prévio (questões 04 e 05). Na pergunta que o observador encontra-se de frente para o norte, o aumento de acertos após a aula foi de 10,5% (de 14 para 16 respostas corretas), e na pergunta que o observador encontra-se de frente para o sul, o aumento foi de 26,3% (de 11 para 16 respostas corretas).

Esses números indicam uma provável familiarização dos alunos com o ato de “SULear”, tal como proposto por Campos (1999). Esses resultados apontam que o Planetário da UFG pode contribuir para descentralizar as relações espaciais entre os referenciais do esquema corporal e as direções geográficas.

Com a exposição dos resultados do questionário posterior e da análise geral entre os conhecimentos prévios e posteriores do Grupo A, registrar-se-á as principais conclusões acerca do aprendizado ocorrido durante a aula:

- a) houve uma melhoria parcial dos alunos sobre a passagem do Sol pelo zênite. Quase a metade da turma (09) compreendeu a dinâmica do fenômeno, enquanto que os demais permaneceram sem entendê-lo;
- b) a maioria do grupo (13) compreendeu o fenômeno do “Sol da meia-noite”, no entanto alguns discentes associaram o evento aos equinócios;
- c) houve um progresso gradual sobre a coordenação dos diferentes pontos de vista do observador em relação à percepção do movimento anual aparente do Sol nos horizontes leste (Sol nascente) e oeste (Sol poente). A maioria compreendeu que o astro luminoso não nasce e não se põe nos pontos cardeais diariamente, embora tenham ocorrido diversos equívocos quanto ao sentido do deslocamento solar no céu ao longo do ano;

- d) a maioria do grupo (11) entendeu que a declinação do Sol na direção norte-sul ao longo do ano altera os períodos diurno e noturno dos dias. Houve equívocos relacionados aos movimentos de rotação e translação da Terra, uma vez que tais movimentos foram considerados isoladamente;
- e) a aula na cúpula proporcionou aos alunos desenvolver um raciocínio mais descentralizado e reversível das relações espaciais por meio do movimento diário e anual aparente do Sol. As três últimas questões que envolvem diferentes posições do observador no espaço apresentaram mais acertos no questionário posterior do que no prévio.

Os resultados individuais dos alunos foram divididos em três grupos (categorias) com o objetivo de diferenciar qualitativamente o aprendizado de cada discente durante a aula. A análise individual baseia-se na relação direta entre os questionários prévio e posterior por aluno. O aprendizado de cada um na aula é considerado a partir do desempenho obtido no questionário posterior em relação ao prévio.

Se o desempenho no questionário posterior for superior ao prévio, considera-se que o aluno teve um *bom* aprendizado dentro da cúpula, compreendendo parcial ou totalmente os conteúdos trabalhados na aula; se o desempenho de ambos os questionários for equivalente, ou se apresentar progressos em alguns tópicos e regressos em outros, considera-se que o aluno teve um aprendizado *médio* na cúpula, permanecendo sem compreender satisfatoriamente os conteúdos; e se o desempenho no questionário posterior for inferior ao prévio, considera-se que o aluno teve um aprendizado *ruim* durante a aula, indicando que o discente saiu bastante confuso da cúpula do Planetário da UFG.

Os resultados individuais do Grupo A encontram-se no Quadro 04. As considerações sobre o aprendizado de cada discente aparecem de forma sucinta no quadro. Os conteúdos que não são comentados (ou não aparecem) são os tópicos da aula que o aluno respondeu corretamente em ambos os questionários.

Quadro 04 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo A

Alunos	Aprendizado na Cúpula			Parecer sobre o Aprendizado
	Bom	Médio	Ruim	
01	X			Acertou todo o questionário posterior. Compreendeu o Sol no zênite e seu deslocamento no céu ao longo do ano.
02	X			Melhorou bastante. Compreendeu o Sol no zênite, o Sol da meia-noite e a declinação do Sol ao longo do ano.
03		X		Permaneceu com o pensamento fixo no qual o Sol passa pelo zênite, nasce e se põe nos pontos cardeais todos os dias.
04	X			Melhorou parcialmente a coordenação dos pontos de vista no espaço e o deslocamento do Sol. Compreendeu o Sol no zênite.
05			X	Não compreendeu o Sol no zênite e cometeu erro de lateralidade corporal que não cometera no questionário prévio.
06		X		Compreendeu o Sol da meia-noite, mas não entendeu o Sol no zênite. Errou a posição do Sol no horizonte na data de solstício.
07		X		Melhorou parcialmente a coordenação dos pontos de vista no espaço e não compreendeu o Sol da meia-noite.
08	X			Compreendeu o Sol da meia-noite e melhorou a coordenação dos pontos de vista no espaço. Não entendeu o Sol no zênite.
09		X		Melhorou a coordenação das perspectivas no espaço, mas cometeu erro sobre o Sol no zênite que não cometera antes.
10		X		Não compreendeu o Sol no zênite. Entendeu que o Sol se desloca no céu, mas errou o sentido do deslocamento.
11	X			Compreendeu o Sol no zênite e os deslocamentos do Sol no céu ao longo do ano. Não entendeu o Sol da meia-noite.
12	X			Melhorou bastante a lateralidade e a coordenação dos pontos de vista no espaço. Não compreendeu o Sol no zênite.
13	X			Compreendeu o Sol no zênite. Melhorou bem a lateralidade, mas não assimilou o caráter contínuo do deslocamento solar.
14	X			Melhorou pouco. Entendeu o Sol no zênite, mas não entendeu o Sol da meia-noite e o movimento anual aparente do Sol.
15			X	Não compreendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite. Errou parcialmente o sentido do deslocamento solar no horizonte.
16	X			Melhorou pouco. Compreendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite, mas apresentou confusões de lateralidade corporal.
17	X			Compreendeu o Sol no zênite e melhorou parcialmente a coordenação das perspectivas no espaço.
18		X		Não entendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite. Acertou o sentido do deslocamento do Sol e errou sua posição no solstício.
19		X		Sua coordenação dos pontos de vista no espaço permaneceu confusa. Não compreendeu o Sol no zênite.
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>07</b>	<b>02</b>	

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Conclui-se que dez alunos aprimoraram seus conhecimentos após a aula na cúpula, demonstrando que o Planetário da UFG contribuiu para o aprendizado desses discentes; sete alunos tiveram um aprendizado mediano, permanecendo com alguns pensamentos confusos e sem compreender determinados conteúdos trabalhados; e dois alunos tiveram um aprendizado ruim dentro da cúpula, o que indica uma grande dificuldade desses alunos em relação à aprendizagem no decorrer da aula.

#### 4.4.2 Grupo B

Este grupo obteve o seguinte desempenho no questionário de conhecimento prévio:

**Tabela 15 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo B**

Alunos	Questionário Prévio				
	01	02	03	04	05
01	X	V	V	X	X
02	X	V	X	X	X
03	X	V	X	X	X
04	V	X	X	V	V
05	V	V	X	V	V
06	V	V	V	V	V
07	V	V	V	X	X
08	V	V	V	X	X
09	X	X	V	X	X
10	X	V	X	X	X
11	X	V	X	V	X
12	X	X	V	X	V
13	V	V	X	V	V
14	X	V	X	V	V
15	X	V	V	V	V
16	X	V	V	X	X
17	X	X	X	V	X
Total de Acertos	06	13	08	08	07
Total de Erros	11	04	09	09	10

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Sabe-se que a 1ª questão aborda a passagem do Sol pelo zênite, associando o fenômeno a um local específico da superfície terrestre em uma determinada época do ano.

A alternativa que sugere erroneamente o círculo máximo do equador terrestre em janeiro foi, novamente, a mais assinalada pelos alunos. No total, oito discentes marcaram tal resposta (Alternativa B), três responderam que o Sol fica a pino o ano inteiro no deserto do Saara (Alternativa A) e os outros seis assinalaram corretamente que o Sol passará pelo topo do céu no trópico de capricórnio em dezembro (Alternativa C), conforme tabela abaixo.

**Tabela 16 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	03	08	06	00	17

Org.: ALVES, Fernando (2013)

O Grupo B demonstrou um desempenho melhor nesta questão. Apesar de a minoria da turma acertar a passagem do Sol pelo zênite, a quantidade de respostas corretas foi de 35,3%, enquanto que no Grupo A apenas dois alunos acertaram a questão, quantidade equivalente a 10,5% da turma.

Quase a metade do grupo (08) cometeu o erro em associar o fenômeno com o plano do equador sem observar adequadamente a época do ano, o que reforça a concepção alternativa do Sol a pino todos os dias na latitude zero.

Houve alguns equívocos envolvendo o deserto do Saara e ninguém assinalou a resposta que sugere o Sol sobre o trópico de câncer no hemisfério norte (Alternativa D), situação que ocorre no mês de junho.

A questão 02 aborda o significado do termo “Sol da meia-noite”. A maioria da turma (13) acertou a questão, afirmando que se trata de um horário noturno em que o Sol encontra-se acima do horizonte (Alternativa C). Um aluno respondeu que esse fenômeno é uma lenda folclórica (Alternativa A) e três afirmaram que se trata do nascer do Sol à meia-noite (Alternativa D), conforme demonstra a tabela a seguir.

**Tabela 17 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	01	00	13	03	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Neste grupo não houve equívocos envolvendo um possível ocaso do Sol à meia-noite (Alternativa B), mas a ideia do Sol nascente à meia-noite se manifestou em alguns discentes. Trata-se dos alunos 04, 09 e 17.

O outro erro cometido pela turma (aluno 12) consiste em pensar que o Sol da meia-noite é uma lenda folclórica. A ocorrência desses erros está, provavelmente, relacionada ao fato do “Sol da meia-noite” não fazer parte da realidade desses alunos que, por sua vez, precisam de um elevado nível de abstração cognitiva para compreender o fenômeno.

O contraste entre a realidade polar do fenômeno e a realidade tropical do Brasil é muito grande. Isso pode contribuir para o aparecimento de tais equívocos. No entanto, a maioria da turma acertou a questão, não demonstrando grandes dificuldades acerca do tema.

A questão 03 coloca um observador de frente para o lado leste do horizonte, em Goiânia, na data de solstício de verão.

Oito discentes acertaram a questão afirmando que o Sol nascerá ao sul do ponto cardeal leste (Alternativa B). Dois alunos responderam que o Sol nascerá ao norte do ponto cardeal leste (Alternativa A), cinco afirmaram que o Sol nascerá no ponto cardeal leste (Alternativa C) e dois assinalaram que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativa D), de acordo com a Tabela 18.

**Tabela 18 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	02	08	05	02	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os dez alunos que assinalaram as alternativas A e B demonstraram saber que o Sol não nasce na mesma posição diariamente, uma vez que ele se desloca aparentemente no céu ao longo do ano na direção norte-sul. Apenas os alunos 04 e 13 erraram o posicionamento do Sol nascente no horizonte ao marcarem a alternativa A. Esta opção retrata uma situação que caracteriza o solstício de inverno para o hemisfério sul e que ocorre no mês de junho.

Os alunos 02, 03, 05, 10 e 14 assinalaram a alternativa C que reforça a ideia fixa do “equinócio eterno”. Talvez esses alunos não souberam associar corretamente a data proposta pela questão (solstício de verão) com a posição do Sol no horizonte leste. Os outros dois discentes responderam que o Sol nascerá “*no ponto cardeal oeste*” (Alternativa D).

A questão 04 considera um observador de frente para o lado norte do horizonte, em Goiânia, durante o equinócio de primavera que ocorre no mês de setembro.

Quase a metade da turma (08) acertou a questão ao responder que o Sol nascerá à direita do observador no ponto cardeal leste (Alternativa B). Seis alunos erraram o lado do Sol nascente (Alternativas A e D) e três cometeram erros de lateralidade corporal (Alternativa C).

**Tabela 19 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	01	08	03	05	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 03, 12 e 16 cometeram erros de lateralidade corporal, pois afirmaram que o Sol nascerá à esquerda do observador (Alternativa C). Como a situação-problema criada

pela questão coloca o observador de frente para o norte, o astro luminoso só poderá nascer à direita do observador.

O discente 09 cometeu um duplo erro ao afirmar que o Sol nascerá à esquerda do observador no ponto cardeal oeste (Alternativa A), o que demonstra uma total confusão entre os vetores do esquema corporal e o espaço ambiente. O curioso é que esse aluno acertou a questão anterior, na qual o observador encontra-se de frente para o leste no solstício de verão.

Os alunos 01, 02, 07, 08 e 10 afirmaram corretamente que o Sol nascerá no lado direito do observador, porém no ponto cardeal oeste (Alternativa D). A lateralidade desses discentes está correta, provavelmente, por conta do pensamento fixo em que o Sol nasce à direita independente de sua posição no espaço geográfico.

Nenhum desses alunos que respondeu na questão 04 que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativas A e D), afirmou na questão 03 que o Sol irá nascer no ponto cardeal oeste. Ou seja, com o observador de frente para o leste eles acertaram o lado do Sol nascente, mas com a mudança da perspectiva para o norte eles erraram o lado do Sol nascente.

Os dois discentes que afirmaram na questão 03 que o Sol nascerá “*no ponto cardeal oeste*” (Alternativa D) acertaram a questão 04. São os alunos 11 e 17. Por outro lado, dos seis alunos que responderam na questão 04 que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativas A e D), quatro acertaram a questão 03. São os alunos 01, 07, 08 e 09.

Tais exemplos demonstram a tamanha dificuldade em coordenar os diferentes pontos de vista do observador no espaço, gerando, assim, diversas confusões sobre as relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço geográfico, demonstradas por meio do movimento aparente do Sol na esfera celeste.

A questão 05 considera um observador de frente para o lado sul do horizonte, em Goiânia, durante o início do outono.

Sete alunos acertaram a questão ao responderem que o Sol nascerá à esquerda do observador no ponto cardeal leste (Alternativa D), cinco erraram o lado do Sol nascente (Alternativas B e C) e os outros cinco cometeram erros de lateralidade corporal (Alternativa A), conforme demonstra a Tabela 20.

**Tabela 20 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	05	02	03	07	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 02, 03, 07, 10 e 16 responderam que o Sol nascerá “*no lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal leste*” (Alternativa A), o que reforça o pensamento cristalizado do Sol nascente à direita. Como o observador está de frente para o sul, o Sol nascerá à sua esquerda. Assim, esta alternativa se torna válida apenas para um observador que se encontra de frente para o norte (situação-problema criada na questão 04).

Nenhum desses alunos acertou a questão anterior, sendo que os discentes 03 e 16 inverteram erroneamente a lateralidade em ambas as questões, enquanto que os discentes 02, 07 e 10 acertaram a lateralidade, mas erraram o lado do Sol nascente na questão 04.

Os alunos 01, 08, 09, 11 e 17 afirmaram que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativas B e C). Os discentes 01, 09 e 11 erraram também a lateralidade afirmando que o Sol nascerá no lado direito do observador (Alternativa C). Já os discentes 08 e 17 acertaram a lateralidade, pois assinalaram a alternativa B. Desses cinco alunos, apenas dois (11 e 17) acertaram a questão anterior.

Dos sete alunos que acertaram a questão 05, apenas um errou a questão 04. Trata-se do discente 12. Os demais responderam corretamente as duas questões, demonstrando boa coordenação entre os diferentes pontos de vista do observador no espaço geográfico. São os alunos 04, 05, 06, 13, 14 e 15.

Com a exposição dos resultados obtidos e das análises realizadas acima, torna-se possível registrar as principais conclusões acerca dos conhecimentos prévios do Grupo B:

- a) seis discentes compreendem a passagem do Sol pelo zênite, mas a maioria da turma desconhece o fenômeno. Há uma considerável associação com o plano do equador (08 erros) e alguns erros envolvendo o deserto do Saara;
- b) a maioria do grupo compreende o significado do “Sol da meia-noite”, porém alguns alunos pensam que se trata do nascer do Sol à meia-noite ou de uma lenda folclórica;

- c) a maioria da turma compreende que o Sol se desloca ao longo do ano na direção norte-sul, mas houve alguns equívocos em relação ao sentido do deslocamento solar de acordo com a época do ano. Cinco discentes pensam que o Sol nasce no ponto cardeal leste diariamente, ou não sabem relacionar a data de solstício de verão com a posição aparente do Sol no horizonte leste;
- d) a maioria dos alunos demonstrou uma grande dificuldade em coordenar os diferentes pontos de vista do observador no espaço geográfico, por meio do movimento aparente do Sol no céu, o que gera confusões envolvendo a lateralidade corporal e o lado do Sol nascente no horizonte.

Os alunos do Grupo B responderam o questionário prévio após assistirem uma aula sobre alguns temas básicos de Astronomia, tais como as fases da Lua, Sistema Solar, eclipses, estações do ano e movimentos da Terra. Foram os professores do grupo que solicitaram tal exposição teórica para seus alunos.

Após esta aula o grupo se dirigiu para o interior da cúpula. Como se sabe, o projetor Zeiss Spacemaster apresentou problemas mecânicos na variação de latitude, o que demandou mais tempo e comprometeu a qualidade da aula.

Não foi possível demonstrar para o Grupo B o fenômeno do “Sol da meia-noite”. As variações do Sol no céu ao longo do ano também ficaram confusas em decorrência dos problemas técnicos. Após assistirem a aula dentro da cúpula, o Grupo B respondeu ao questionário posterior, cujo resultado foi:

Tabela 21 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo B

Alunos	Questionário Posterior						
	01	02	03	04	05	06	07
01	X	X	V	X	X	V	X
02	X	X	X	V	V	X	X
03	V	X	V	X	X	X	X
04	X	X	V	X	X	X	X
05	X	V	V	X	V	V	V
06	V	V	V	V	V	V	V
07	V	X	X	X	V	V	V
08	X	X	X	X	X	V	X
09	X	X	V	X	X	V	X
10	V	V	X	X	X	X	V
11	V	V	X	V	X	X	X
12	V	X	X	X	V	X	X
13	V	X	X	V	X	V	X
14	V	X	X	V	X	X	X
15	X	V	X	V	X	X	V
16	V	V	V	X	V	X	X
17	X	V	X	X	X	X	V
Total de Acertos	09	07	07	06	06	07	06
Total de Erros	08	10	10	11	11	10	11

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2013)

A 1ª questão aborda a passagem do Sol pelo zênite na cidade de Goiânia. Sabe-se que é uma pergunta adaptada à realidade local e que faz uma correspondência direta com a 1ª pergunta do questionário de conhecimento prévio.

Após assistirem a aula na cúpula, a turma obteve uma pequena melhora no desempenho em relação ao tema. No 1º teste foram seis respostas corretas, enquanto que após a aula foram nove acertos.

Dois alunos afirmaram que o Sol passa pelo zênite diariamente (Alternativa A), três responderam que o fenômeno ocorre no início da primavera e do outono (Alternativa C), e os outros três afirmaram que o Sol passará pelo zênite em Goiânia durante o solstício de verão (Alternativa D), conforme demonstra a tabela abaixo.

**Tabela 22 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	02	09	03	03	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 01 e 09 cometeram o mesmo equívoco sobre o Sol no zênite diariamente. No 1º teste ambos erraram a questão sobre o tema, sendo que o discente 01 cometeu o erro envolvendo o plano do equador em janeiro e o discente 09 cometeu o erro em associar o fenômeno ao deserto do Saara. Eles permaneceram sem compreender o fenômeno após a aula.

Os alunos 04, 05 e 08 responderam que o Sol passará pelo topo do céu em Goiânia no início da primavera e do outono, momento em que ocorrem os equinócios e a eclíptica cruza o equador celeste. O curioso é que os três alunos acertaram a questão sobre o Sol no zênite no 1º teste. Provavelmente, eles saíram confusos da cúpula.

Já os discentes 02, 15 e 17 afirmaram que o Sol ficará a pino em Goiânia apenas no primeiro dia de verão, situação que ocorre em dezembro no trópico de capricórnio para o hemisfério sul. Todos os três cometeram o erro, no questionário prévio, em associar o fenômeno com o círculo máximo do equador terrestre no mês de janeiro.

A 2ª questão aborda a declinação aparente do Sol ao longo do ano em relação ao horizonte. Trata-se de uma situação-problema no qual o observador encontra-se de frente para o horizonte oeste (Sol poente), durante o equinócio de primavera.

Sete alunos acertaram a questão, seis erraram o sentido do deslocamento solar no horizonte (Alternativa C), um respondeu que o Sol se põe no ponto cardeal oeste diariamente (Alternativa B) e os outros três afirmaram que o ocaso do Sol será no ponto cardeal leste (Alternativa D), de acordo com a Tabela 23.

**Tabela 23 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	07	01	06	03	17

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Apesar de a minoria acertar a questão, ficou claro para a maioria (13 alunos) que o Sol não se põe no mesmo local todos os dias, uma vez que ele se desloca aparentemente no céu ao longo do ano. Todos os discentes que assinalaram as alternativas A e C demonstraram esse conhecimento em suas respostas.

Assim como no Grupo A, o erro mais frequente dos alunos do Grupo B está no sentido do deslocamento solar em relação ao horizonte, pois ora o astro luminoso se movimenta para o norte, ora ele se movimento para o sul, dependendo da época do ano em questão.

Os alunos 01, 03, 04, 07, 08 e 14 erraram o sentido do deslocamento, pois afirmaram que o Sol ocultar-se-á “*mais para o Norte*” do ponto cardinal oeste (Alternativa C). Apenas o aluno 02 afirmou que o ocaso do Sol ocorrerá na mesma posição após duas semanas, o que reforça a concepção alternativa do Sol nascente e poente nos pontos cardiais todos os dias do ano. Já os discentes 09, 12 e 13 erraram o lado do Sol poente no horizonte.

A questão 03 aborda as causas do fenômeno polar do “Sol da meia-noite”. Sabe-se que tal pergunta dialoga diretamente com a questão 02 do questionário prévio.

O desempenho da turma foi bem inferior em relação ao resultado prévio, sendo que antes da aula 13 alunos acertaram a questão e após a cúpula houve apenas 07 respostas corretas. Acredita-se que esta queda no desempenho da turma esteja diretamente relacionada aos problemas técnicos ocorridos durante a aula, uma vez que não foi possível demonstrar aos alunos o fenômeno nas latitudes polares.

Seis alunos relacionaram o “Sol da meia-noite” aos equinócios (Alternativa A), quatro ao movimento de precessão (Alternativa B) e sete responderam corretamente, indicando a inclinação do eixo terrestre associada à posição de solstício de verão como fatores causais do fenômeno (Alternativa D).

**Tabela 24 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	06	04	00	07	17

Org.: ALVES, Fernando (2013)

O resultado desta questão demonstra que os problemas técnicos ocorridos no dia comprometeram o aprendizado dos alunos. Ao todo, oito discentes acertaram a questão no questionário prévio e erraram no questionário posterior. Alguns alunos relacionaram o fenômeno com os equinócios e outros com o movimento de precessão.

Apenas os alunos 01, 03, 05, 06 e 16 conseguiram manter os acertos após a aula na cúpula. Os discentes 04 e 09 foram os únicos que conseguiram compreender o “Sol da meia-noite” somente após a aula, uma vez que acertaram a questão só no 2º questionário.

Sabe-se que tal fenômeno nada tem a ver com os equinócios. Os pontos que marcam o início da primavera e do outono ocorrem quando a eclíptica cruza o equador celeste, sendo que neste instante os dois hemisférios geográficos recebem a mesma quantidade de luz e calor. Assim, os períodos diurno e noturno do dia duram aproximadamente 12 horas cada<sup>63</sup>.

O outro equívoco cometido pela turma envolve um movimento do planeta Terra chamado *precessão*. Tal movimento nada tem em comum com o “Sol da meia-noite” e, conseqüentemente, com as estações do ano, pois se trata de um movimento extremamente lento do eixo terrestre e que não possui influência direta sobre um curto intervalo de tempo, como é o caso do ano.

Sobreira (2010, p. 49) explica que

O eixo realmente muda vagarosamente de direção no espaço, mas este é um componente do movimento da Terra, mais precisamente, do eixo terrestre chamado *precessão*, e é uma parcela de movimento muito lenta para ser percebida em um ano, pois, uma volta completa do eixo leva cerca de 25.800 anos para ocorrer.

A questão 04 aborda as variações entre os períodos diurno e noturno do dia ao longo do ano. Sete alunos responderam que tais variações ocorrem em razão do movimento de

<sup>63</sup> Sobreira (2002) demonstrou que os períodos diurno e noturno não duram exatamente 12 horas cada durante os equinócios, como imaginam muitas pessoas. As durações do período claro do dia variam um pouco de acordo com a latitude, mesmo no início da primavera e do outono.

rotação terrestre (Alternativa B), quatro afirmaram que é por causa do movimento de translação da Terra (Alternativa C) e os outros seis acertaram a pergunta, pois responderam que a causa dessas variações está na declinação que o Sol realiza no céu ao longo do ano.

**Tabela 25 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	00	07	04	06	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 04, 05, 08, 09, 10, 16 e 17 marcaram a alternativa B. Esta foi a resposta mais assinalada pela turma. Ela sugere que o movimento de rotação da Terra seja o fator determinante para as variações entre dia e noite. Sabe-se que este movimento é responsável pelo ciclo dia/noite e não pelas variações na duração entre as partes clara e escura do dia. Provavelmente, houve uma confusão conceitual dos alunos envolvendo tal resposta.

Os outros quatro alunos que erraram a questão foram os discentes 01, 03, 07 e 12. Eles responderam que o movimento de revolução da Terra causa as variações entre dia e noite. Conforme já explicado, esta resposta está parcialmente correta, pois o movimento que a Terra realiza em torno do Sol faz parte dessas variações. Todavia, há outro fator determinante que é a inclinação do eixo terrestre. Se o movimento de revolução for considerado isoladamente (como coloca a alternativa C), não haveria as estações do ano.

Com o eixo de rotação terrestre perpendicular ao plano da órbita (ou da eclíptica), não existiriam os solstícios e não haveria a declinação do Sol no céu ao longo do ano. Tais características fazem menção ao modelo mental que chamamos de “equinócio eterno”.

As próximas três questões são as mesmas três que encerram o questionário prévio. Sabe-se que ambas abordam as relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço circundante, por meio da orientação geográfica pelo Sol, durante os solstícios e os equinócios.

A questão 05 repete a pergunta da questão 03 do questionário prévio. Trata-se de uma situação-problema na qual um observador está de frente para o lado leste do horizonte, em Goiânia, na data de solstício de verão.

O desempenho da turma após a aula foi um pouco inferior em relação ao resultado prévio. No 1º questionário houve oito acertos e no 2º questionário apenas seis. Três alunos afirmaram que o Sol nascerá ao norte do ponto cardeal leste (Alternativa A), seis afirmaram que o Sol nascerá no ponto cardeal leste (Alternativa C) e dois erraram o lado do Sol nascente (Alternativa D), de acordo com a tabela a seguir.

**Tabela 26 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	03	06	06	02	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 02, 05, 06, 07, 12 e 16 acertaram a questão após aula, respondendo corretamente que o Sol nascerá ao sul do ponto cardeal leste no solstício de verão (ou do lado direito do observador que se encontra de frente para o leste). Como os discentes 06, 07, 12 e 16 já tinham acertado a pergunta no questionário prévio, apenas os alunos 02 e 05 compreenderam a questão após a aula.

Em relação à 2ª questão do questionário posterior, na qual o observador está de frente para o oeste, somente os alunos 05, 06 e 16 acertaram a pergunta. Os demais se equivocaram nas respostas, sendo que o aluno 02 afirmou que o Sol ocultará no mesmo local duas semanas depois, o 07 errou o sentido do deslocamento do Sol em relação ao horizonte e o discente 12 errou o lado do Sol nascente.

Tais erros demonstram a dificuldade de alguns alunos em coordenar os diferentes pontos de vista do observador no espaço, o que gera equívocos nas relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço ambiente por meio do movimento aparente do Sol no céu.

Os alunos 04, 13 e 14 erraram a posição do Sol no horizonte durante o solstício de verão, pois afirmaram que o Sol estará mais ao norte do ponto cardeal leste (ou à esquerda do observador). Todos os três erraram a questão antes da aula também, uma vez que os discentes 04 e 13 cometeram o mesmo erro nos dois questionários (Alternativa A) e o aluno 14 afirmou no prévio que o Sol nascerá no ponto cardeal leste em dezembro. Ou seja, ele compreendeu

após a aula que o Sol se movimenta aparentemente na direção norte-sul, mas errou o sentido do deslocamento em relação ao horizonte de acordo com a data proposta pela questão.

Na questão 02 do questionário posterior os alunos 04, 13 e 14 também erraram a posição do Sol no horizonte poente, o que demonstra uma dificuldade de tais alunos nas relações espaciais por meio do referencial topocêntrico.

Mesmo após a aula na cúpula, seis alunos da turma responderam que o Sol nascerá no ponto cardeal leste no solstício de dezembro. São os discentes 01, 03, 08, 09, 10 e 15. O curioso é que os alunos 01, 08, 09 e 15 acertaram esta questão no questionário prévio, o que demonstra que tais alunos saíram confusos da cúpula. Já os alunos 03 e 10 cometeram o mesmo erro em ambos os questionários.

Em relação à 2ª questão do questionário posterior, apenas os alunos 10 e 15 responderam corretamente. Os demais cometeram erros envolvendo o sentido do deslocamento solar em relação ao horizonte e o lado do Sol poente.

Por fim, os discentes 11 e 17 erraram o lado do Sol nascente na questão 05. Ambos cometeram o mesmo erro no 1º teste, o que significa que eles sustentaram a mesma resposta após a cúpula. O curioso é que os dois discentes acertaram a questão 02 do questionário posterior, raciocinando corretamente a posição aparente do Sol no horizonte com o observador de frente para o oeste.

A próxima questão coloca um observador de frente para o lado norte do horizonte, em Goiânia, durante o início da primavera. É a mesma pergunta da questão 04 do 1º teste.

O desempenho da turma caiu um pouco também nesta questão após a aula, uma vez que foram oito respostas corretas no questionário prévio e sete no questionário posterior. Dois alunos cometeram erros envolvendo o lado do Sol nascente (Alternativas A e D) e oito cometeram erros de lateralidade corporal (Alternativa C).

**Tabela 27 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	01	07	08	01	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

A alternativa mais assinalada pela turma sugere que o Sol nascerá no lado esquerdo do observador no ponto cardinal leste. Como o observador encontra-se de frente para o norte, o Sol nascerá à sua direita.

Dessa forma, os alunos 02, 03, 04, 10, 12, 14, 16 e 17 cometeram erros de lateralidade, pois assinalaram a alternativa C. Os discentes 04, 14 e 17 acertaram esta pergunta no 1º questionário, revelando que esses alunos saíram confusos da cúpula. Os demais erraram a questão nos dois questionários.

Os outros dois erros envolvem o lado do Sol nascente. Percebe-se que a aula na cúpula sanou parcialmente tais enganos, pois a quantidade de equívocos envolvendo o lado do Sol nascente foi menor após a aula. Ao todo seis alunos cometeram este erro no 1º questionário e apenas dois erraram no 2º questionário.

Os dois discentes que afirmaram que o Sol nascerá no ponto cardinal oeste são os alunos 11 e 15. O aluno 11 raciocinou corretamente a lateralidade, enquanto que o aluno 15 não. Este último cometeu um duplo erro ao responder que o Sol nascerá “*no lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal oeste*” (Alternativa A), uma vez que o observador encontra-se de frente para o norte.

O curioso é que os discentes 11 e 15 acertaram esta questão no questionário prévio, o que explicita que tais alunos também saíram confusos da cúpula no que refere às relações espaciais entre o esquema corporal e as direções geográficas.

A questão 07 considera um observador de frente para o lado sul do horizonte, em Goiânia, durante o início do outono. É a mesma pergunta da questão 05 do 1º teste.

O desempenho da turma também foi inferior nesta questão após a aula. No questionário prévio foram sete respostas corretas enquanto que no posterior apenas seis acertos. Dez alunos erraram a lateralidade corporal (Alternativa A) e apenas um errou o lado do Sol nascente (Alternativa B), conforme demonstra a Tabela 28.

**Tabela 28 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo B**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	10	01	00	06	17

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

A maioria dos alunos (10) apresentou confusões de lateralidade uma vez que responderam que o Sol nascerá “*no lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal leste*” (Alternativa A). Tal resposta estaria correta se o observador estivesse de frente para o norte, conforme a situação-problema criada na questão anterior. Como o observador está de frente para o sul geográfico, o Sol nascerá à sua esquerda.

A expressiva quantidade de respostas na alternativa A demonstra que a maioria desta turma possui muita dificuldade em desenvolver um pensamento reversível e descentralizado das relações espaciais. Tais respostas indicam, novamente, a ideia fixa do Sol nascente à direita do observador no ponto cardeal leste.

Foram os alunos 01, 02, 03, 04, 09, 11, 12, 13, 14 e 16 que cometeram esse erro. Os discentes 01, 09 e 13 acertaram a questão anterior. Isto significa que eles deram a mesma resposta para as questões 06 e 07, demonstrando um pensamento engessado, pois, mesmo com o observador de frente para o sul, o raciocínio foi em associar o Sol nascente ao lado direito do observador.

Já os discentes 02, 03, 04, 12, 14 e 16 inverteram as respostas nas questões 06 e 07, o que implica em uma confusão de lateralidade por parte dos alunos. O discente 11 também errou a questão anterior, mas seu engano foi sobre o lado do Sol nascente. Desses dez alunos, quatro (04, 12, 13 e 14) acertaram a questão antes da aula.

O aluno 08 foi o único da turma a cometer o erro sobre o lado do Sol nascente nesta questão. Ele respondeu corretamente que o Sol nascerá à esquerda do observador, mas assinalou a alternativa B que, por sua vez, indica o ponto cardeal oeste como resposta.

Com a exposição dos resultados do questionário posterior e da análise geral entre os conhecimentos prévios e posteriores do Grupo B, apontar-se-á as principais conclusões acerca do aprendizado dos alunos dentro da cúpula:

- a) o grupo compreendeu um pouco melhor a passagem do Sol pelo zênite. A maioria da turma (09) entendeu a dinâmica do fenômeno, apesar da permanência de alguns erros;
- b) houve uma significativa queda no desempenho da turma sobre o “Sol da meia-noite”. A maioria do grupo (10) associou o fenômeno aos equinócios e ao movimento de precessão da Terra;
- c) a coordenação dos pontos de vista do observador em relação à percepção do movimento anual aparente do Sol no horizonte permaneceu muito confusa. A maioria compreendeu que o astro luminoso não nasce e não se põe nos pontos cardeais todos os dias, mas ocorreram diversos equívocos quanto ao sentido do deslocamento solar no céu ao longo do ano;
- d) a maioria do grupo (11) não entendeu que a declinação do Sol no céu ao longo do ano altera as durações dos períodos diurno e noturno dos dias. Houve vários erros relacionados aos movimentos de rotação e revolução da Terra, uma vez que tais movimentos foram considerados isoladamente;
- e) as relações espaciais entre o esquema corporal e o espaço geográfico ficaram mais confusas para os alunos após a cúpula. Os erros envolvendo os lados do Sol nascente e poente foram parcialmente sanados, mas houve muitos equívocos de lateralidade corporal após a aula;
- f) os resultados negativos do questionário posterior remetem aos problemas técnicos do projetor Zeiss Spacemaster, bem como ao extenso e exaustivo tempo de permanência dos alunos no Planetário da UFG. Tais variáveis contribuíram diretamente para o fraco desempenho no 2º questionário.

Os resultados individuais do Grupo B encontram-se no Quadro 05, bem como as considerações acerca do aprendizado de cada discente. Os conteúdos que não são comentados (ou não aparecem) são os tópicos da aula em que o aluno respondeu corretamente nos questionários prévio e posterior.

**Quadro 05 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo B**

Alunos	Aprendizado na Cúpula			Parecer sobre o Aprendizado
	Bom	Médio	Ruim	
01			X	Não compreendeu o Sol no zênite e o movimento anual aparente do Sol. Pensamento confuso sobre as relações espaciais.
02		X		Não compreendeu o Sol no zênite e o Sol da meia noite. Errou a lateralidade e entendeu parcialmente a declinação do Sol no céu.
03		X		Compreendeu o Sol no zênite. Permaneceu com os mesmos erros de lateralidade e errou o sentido do deslocamento do Sol.
04			X	Cometeu erros sobre lateralidade e Sol no zênite que não cometera no 1º teste. Errou o sentido do deslocamento do Sol.
05	X			Melhorou bem a coordenação dos pontos de vista no espaço. Cometeu erro do Sol no zênite que não cometera antes.
06		X		Acertou todas as questões dos questionários prévio e posterior. Não foi possível realizar uma análise sobre seu aprendizado.
07	X			Melhorou parcialmente a coordenação das perspectivas no espaço e a lateralidade. Não compreendeu o Sol da meia-noite.
08			X	Cometeu erros que não cometera no 1º teste sobre o Sol no zênite, o Sol da meia-noite e a posição do Sol no solstício.
09		X		Permaneceu muito confuso sobre a coordenação dos pontos de vista no espaço e a lateralidade. Entendeu o Sol da meia-noite.
10	X			Compreendeu o Sol no zênite. Melhorou parcialmente a lateralidade e a coordenação das perspectivas no espaço.
11		X		Compreendeu o Sol no zênite, mas permaneceu com um pensamento muito confuso sobre as relações espaciais.
12			X	Não compreendeu o Sol da meia-noite. Cometeu erros sobre lateralidade e movimento anual aparente do Sol.
13			X	Cometeu erros sobre lateralidade e Sol da meia-noite que não cometera no 1º teste. Errou o lado do Sol nascente.
14			X	Entendeu o Sol no zênite, mas cometeu erros de lateralidade, declinação solar e Sol da meia-noite que não cometera antes.
15			X	Não compreendeu o Sol no zênite. Cometeu erros sobre o Sol da meia-noite e lateralidade que não cometera antes.
16	X			Compreendeu o Sol no zênite e o sentido do deslocamento solar no horizonte. Manteve os mesmos erros de lateralidade.
17		X		Permaneceu com erros sobre lateralidade e o lado do Sol nascente. Não entendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite.
<b>Total</b>	<b>04</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Conclui-se que quatro alunos aperfeiçoaram seus conhecimentos após a aula na cúpula, demonstrando que o Planetário da UFG contribuiu para o aprendizado desses discentes; seis alunos tiveram um aprendizado mediano, permanecendo com alguns pensamentos confusos e sem compreender determinados assuntos trabalhados; e sete alunos tiveram um aprendizado ruim dentro da cúpula, o que indica uma grande dificuldade de tais alunos em relação à aprendizagem no decorrer da aula.

Vale destacar que o aluno 06 foi o único de todo o público pesquisado que acertou todas as questões dos questionários prévio e posterior. Seu desempenho foi, literalmente, de 100% de acertos. Como o discente não cometeu nenhum erro tornou-se inviável a realização de uma análise sobre o seu aprendizado. Por conta de tais motivos, enquadramos o desempenho deste aluno como *médio* em seu aprendizado na cúpula.

#### 4.4.3 Grupo C

Esta turma obteve o seguinte desempenho no questionário de conhecimento prévio:

Tabela 29 – Resultados do Questionário Prévio do Grupo C

Alunos	Questionário Prévio				
	01	02	03	04	05
01	X	V	X	V	X
02	X	V	V	V	X
03	X	V	X	V	V
04	X	X	X	X	X
05	X	X	V	V	V
06	X	X	V	V	V
07	X	V	V	V	V
08	X	V	V	V	V
09	X	X	X	V	X
10	X	X	X	V	X
11	X	V	X	V	V
12	X	X	X	X	X
13	X	X	V	V	V
14	X	V	X	V	V
15	X	X	X	X	X
16	X	V	X	V	X
17	X	V	X	V	X
18	X	V	V	X	X
19	X	V	V	V	V
20	X	V	X	V	V
Total de Acertos	00	12	08	16	10
Total de Erros	20	08	12	04	10

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Não houve nenhum acerto na 1ª questão, o que demonstra total desconhecimento da turma acerca da culminação zenital do Sol. Quase todos os discentes (18) associaram o Sol no zênite ao equador terrestre em janeiro (Alternativa B) e outros dois responderam que o Sol ficará perpendicular ao trópico de câncer em dezembro (Alternativa D).

**Tabela 30 – Questão 01 do Questionário Prévio do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	<u>C</u>	D	
	00	18	00	02	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Apenas os alunos 02 e 04 não associaram o Sol no zênite ao plano do equador na época errada, uma vez que o Sol fica perpendicular ao equador somente em março e setembro (meses que ocorrem os equinócios). Eles responderam que o Sol estará sobre o trópico de câncer em dezembro, uma vez que neste mês o Sol se encontra sobre o trópico de capricórnio no hemisfério sul.

Já na questão 02 a maioria da turma (12) acertou ao afirmar que o “Sol da meia-noite” é um horário noturno em que o astro encontra-se acima do horizonte (Alternativa C). Dois alunos responderam que se trata de uma lenda folclórica (Alternativa A), cinco afirmaram que é o ocaso do Sol à meia-noite (Alternativa B) e um assinalou que é o nascer do Sol à meia-noite (Alternativa D), conforme tabela a seguir.

**Tabela 31 – Questão 02 do Questionário Prévio do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	<u>C</u>	D	
	02	05	12	01	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Apesar da maioria de acertos, houve seis equívocos envolvendo um possível nascer ou ocaso do Sol à meia-noite. Talvez o próprio termo “Sol da meia-noite” induza os discentes a tais conclusões, uma vez que eles desconhecem o fenômeno. Isto também pode levar alguns a pensar que o “Sol da meia-noite” seja uma lenda folclórica (como é o caso dos alunos 04 e 15), pois provavelmente nunca presenciaram tal fenômeno na natureza.

Na questão 03, oito alunos responderam corretamente qual é a posição do Sol nascente durante o solstício de verão em Goiânia. Quatro discentes responderam que o Sol estará ao norte do ponto cardeal leste (Alternativa A), sete afirmaram que o Sol nascerá no

ponto cardeal leste (Alternativa C) e um assinalou que o Sol nascerá no ponto cardeal oeste (Alternativa D).

**Tabela 32 – Questão 03 do Questionário Prévio do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	04	08	07	01	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

A maioria da turma (12) demonstrou saber que o Sol não nasce sobre o ponto cardeal leste durante o solstício de verão, mas os alunos 01, 03, 09 e 10 erram a posição aparente do Sol no horizonte ao assinalarem a alternativa A.

Já os discentes 04, 11, 12, 14, 15, 17 e 20 afirmaram que o Sol nascerá sobre o ponto cardeal leste em dezembro, o que reforça a ideia do Sol nascente e poente nos pontos cardiais todos os dias, ou não souberam associar o movimento aparente do Sol no céu com a data sugerida pela questão. O aluno 16 errou o lado do Sol nascente no horizonte ao assinalar a alternativa D (*no ponto cardeal oeste*).

A maioria da turma (16) acertou a questão 04 afirmando que o Sol nascerá à direita do observador no ponto cardeal leste em 23 de setembro (Alternativa B). Quatro alunos cometeram erros de lateralidade, pois responderam que o Sol aparecerá do lado esquerdo do observador (Alternativas A e C) que se encontra de frente para o horizonte norte (Tabela 33).

**Tabela 33 – Questão 04 do Questionário Prévio do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	<u>B</u>	C	D	
	02	16	02	00	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 12 e 18 cometeram um duplo equívoco ao afirmar que o Sol nascerá “*no lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardeal Oeste*” (Alternativa A), pois erraram

tanto a lateralidade corporal quanto o lado do Sol nascente no horizonte. Na questão anterior, o discente 12 também errou ao responder que o Sol nascerá no ponto cardeal leste durante o solstício de verão, enquanto que o discente 18 respondeu corretamente a questão 03.

Os alunos 04 e 15 afirmaram perfeitamente que o Sol nascerá no ponto cardeal leste, mas erraram a lateralidade do observador em suas respostas (Alternativa C). Ambos cometeram o mesmo erro na questão 03 ao assinalarem que o Sol nascerá sobre o ponto cardeal leste no solstício de verão na cidade de Goiânia.

Na questão 05 do questionário prévio a metade da turma (10) acertou a pergunta afirmando corretamente que o Sol nascerá à esquerda do observador no ponto cardeal leste em 21 de março (Alternativa D), uma vez que o observador encontra-se de frente para o horizonte sul. Oito alunos erraram o lado do Sol nascente (Alternativas B e C), enquanto que dois cometeram erros de lateralidade (Alternativa A).

**Tabela 34 – Questão 05 do Questionário Prévio do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	02	06	02	10	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os discentes 16 e 17 responderam corretamente que o Sol nascerá no lado leste do horizonte, mas equivocaram-se quanto à lateralidade. Eles responderam que o Sol aparecerá “no lado direito do observador, isto é, no ponto cardeal Leste” tanto para a questão 04 quanto para a questão 05. Portanto, tais discentes acertaram a questão anterior que considera o observador de frente para o norte, mas erraram a lateralidade com o observador de frente para o sul, demonstrando um pensamento fixo de que “o Sol nasce sempre à direita no leste”.

Já os alunos 10 e 18 erraram tanto a lateralidade quanto o lado do Sol nascente (Alternativa C), conservando também a ideia do nascer do Sol à direita do observador. O discente 10 acertou a questão anterior, o que leva a crer que o aluno soube coordenar corretamente a posição do observador no espaço de frente para o norte, mas com a mudança do ponto de vista para o sul ele inverteu o lado do Sol nascente no horizonte. O discente 18,

por sua vez, afirmou nas questões 04 e 05 que o Sol nascerá no ponto cardinal oeste, demonstrando, assim, desconhecer a dinâmica do movimento diário aparente do Sol no céu.

Os alunos 01, 02, 04, 09, 12, 15 assinalaram que o Sol nascerá “*no lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste*” (Alternativa B). Eles raciocinaram corretamente a lateralidade do observador, mas equivocaram-se em relação ao lado do Sol nascente no horizonte. Considerando que os discentes 01, 02 e 09 acertaram a questão 04, eles inverteram corretamente a lateralidade corporal e erroneamente o lado do Sol nascente, como se a posição do observador no espaço determinasse o lado do nascer do Sol no horizonte.

Já os alunos 04, 12 e 15 erraram também as questões 03 e 04, apresentando várias confusões acerca da coordenação entre os pontos de vista no espaço e as direções geográficas.

Com a exposição dos resultados obtidos e das análises realizadas acima, torna-se possível registrar as principais conclusões sobre os conhecimentos prévios do Grupo C:

- a) toda a turma desconhece o fenômeno da passagem do Sol pelo zênite. Há uma forte relação com o círculo máximo do equador terrestre (18 erros) e alguns erros envolvendo o trópico de câncer em dezembro;
- b) a maioria do grupo (12) compreende o significado do “Sol da meia-noite”, porém alguns alunos pensam que se trata de uma lenda folclórica ou ainda que haja o nascer ou o pôr do Sol à meia-noite;
- c) sete discentes pensam que o Sol nasce no ponto cardinal leste todos os dias, ou não sabem relacionar corretamente a data de solstício de verão com a posição do Sol no horizonte leste. Alguns alunos (04) reconhecem que o Sol se desloca aparentemente na direção norte-sul com o passar dos meses, mas confundem o sentido de tal movimento de acordo com a época do ano;
- d) os alunos estão bem mais acostumados com a orientação geográfica pelo norte. Os erros envolvendo as relações espaciais entre o esquema corporal e as direções geográficas, por meio do movimento aparente do Sol, são bem mais frequentes quando o observador encontra-se de frente para o leste ou o sul.

Após responderem ao questionário de conhecimento prévio, o grupo assistiu à aula dentro da cúpula e logo em seguida respondeu ao questionário de conhecimento posterior, cujo resultado foi:

Tabela 35 – Resultados do Questionário Posterior do Grupo C

Alunos	Questionário Posterior						
	01	02	03	04	05	06	07
01	X	X	V	V	V	X	V
02	V	V	V	X	V	V	X
03	V	V	X	V	X	V	V
04	X	X	X	X	V	V	X
05	V	V	X	V	X	X	V
06	V	X	X	V	X	X	V
07	V	V	X	X	X	V	V
08	V	V	X	X	V	V	V
09	X	X	X	X	X	V	V
10	V	X	X	X	X	X	X
11	V	V	X	V	V	V	V
12	X	X	X	X	X	V	V
13	V	V	V	V	V	V	V
14	V	X	V	V	V	V	V
15	V	X	X	X	X	V	V
16	X	X	V	V	X	V	X
17	V	X	X	V	V	X	X
18	V	X	X	X	V	X	X
19	V	V	X	V	X	V	V
20	V	X	V	X	V	V	V
Total de Acertos	15	08	06	10	10	14	14
Total de Erros	05	12	14	10	10	06	06

Legenda	
V	X
Resposta Correta	Resposta Errada

Org.: ALVES, Fernando (2013)

Após a aula na cúpula, a turma compreendeu bem melhor o fenômeno do Sol no zênite. Ao todo foram 15 acertos enquanto que no questionário prévio ninguém respondeu corretamente a questão que envolve o assunto. Dois alunos afirmaram que o Sol passará pelo zênite na latitude de Goiânia durante os equinócios (Alternativa C) e três discentes

responderam que o Sol irá atingir o zênite em Goiânia durante o solstício de verão (Alternativa D), conforme tabela abaixo.

**Tabela 36 – Questão 01 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	00	15	02	03	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 01 e 16 assinalaram que o Sol estará totalmente perpendicular em Goiânia no “*primeiro dia de primavera ou no primeiro dia de outono*” (Alternativa C), sendo que estes são os instantes que marcam os equinócios nos meses de março e setembro.

Os alunos 04, 09 e 12 afirmaram que o Sol estará a pino em Goiânia no solstício de verão que ocorre dia 21 ou 22 de dezembro. Sabe-se que nesta data o Sol encontra-se sobre o trópico de capricórnio no hemisfério sul.

Todos os cinco discentes citados acima (com exceção do aluno 04) responderam no questionário prévio que a culminação zenital do Sol ocorre sobre o equador terrestre no mês de janeiro, cometendo o mesmo equívoco.

O fato de ninguém da turma ter assinalado a alternativa A depois da aula (*todos os dias, ao meio-dia*), indica que os discentes deste grupo compreenderam que o Sol descreve uma declinação no céu ao longo do ano.

Na questão 02, oito alunos responderam corretamente a pergunta. Outros oito erraram o sentido do deslocamento do Sol no horizonte (Alternativa C), enquanto que um aluno respondeu que o Sol por-se-á no mesmo local após duas semanas (Alternativa B). Três discentes erraram o lado do Sol poente (Alternativa D), conforme demonstra a Tabela 37.

**Tabela 37 – Questão 02 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	<u>A</u>	B	C	D	
	08	01	08	03	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Apesar de a minoria acertar a questão, ficou claro para a grande maioria (16 alunos) que o Sol não se põe no mesmo local diariamente, uma vez que ele se movimenta aparentemente na direção norte-sul ao longo do ano. Todos os discentes que assinalaram as alternativas A e C demonstraram este conhecimento em suas respostas.

Assim como nos Grupos A e B, o erro mais frequente dos alunos desta turma está no sentido do deslocamento solar em relação ao horizonte, haja vista que o astro luminoso se movimenta para o norte e para o sul, dependendo da época do ano.

Os alunos 01, 04, 06, 09, 10, 12, 14 e 20 erraram o sentido do deslocamento, pois responderam que o Sol ocultar-se-á mais ao norte do ponto cardeal oeste (Alternativa C). Apenas o aluno 17 afirmou que o ocaso do Sol ocorrerá na mesma posição após duas semanas, reforçando a ideia cristalizada do Sol nascente e poente nos pontos cardeais diariamente. Talvez ele não conseguiu assimilar o caráter contínuo do movimento anual aparente do Sol em relação ao horizonte oeste, uma vez que acertou a questão sobre o Sol no zênite em Goiânia. Já os discentes 15, 16 e 18 erraram o lado do Sol poente no horizonte.

A respeito do tema “Sol da meia-noite”, esta turma demonstrou uma queda considerável no desempenho após a aula. Foram apenas seis acertos no 2º teste, enquanto que no 1º questionário a turma obteve doze respostas corretas. A maioria da turma (11) relacionou o fenômeno ao movimento de precessão da Terra (Alternativa B) e três alunos associaram aos equinócios (Alternativa A), conforme tabela abaixo.

**Tabela 38 – Questão 03 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	<u>D</u>	
	03	11	00	06	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 09, 12 e 18 afirmaram erroneamente que o “Sol da meia-noite” ocorre em decorrência do movimento de translação (ou revolução) da Terra associado aos equinócios (Alternativa A). O curioso é que o discente 18 acertou a questão no questionário prévio, enquanto que os discentes 09 e 12 erraram também a questão sobre o tema no 1º teste, permanecendo sem compreender o fenômeno.

Os alunos 03, 04, 05, 06, 07, 08, 10, 11, 15, 17 e 19 assinalaram a alternativa B. Tal resposta afirma corretamente que a causa do fenômeno é a inclinação do eixo de rotação da Terra, porém associado ao movimento de precessão dos equinócios. Talvez o alto índice de respostas assinaladas nesta alternativa esteja relacionado ao fato de ela estar parcialmente correta, contribuindo para uma possível confusão dos alunos. De todos esses onze discentes, seis (03, 07, 08, 11, 17 e 19) acertaram a questão no 1º teste.

Não descartamos também a possibilidade da tradicional “cola”, isto é, a cópia da resposta fornecida pelo colega ao lado, uma vez que os números sequenciais indicam que esses alunos estavam sentados um ao lado do outro. Neste caso, trata-se da reprodução de uma resposta equivocada, o que é muito comum nessas ocasiões, haja vista que o discente que busca respostas por tais meios encontra-se cheio de dúvidas.

Na questão 04 a metade da turma (10) respondeu corretamente ao afirmar que as variações nos períodos diurno e noturno dos dias devem-se à declinação do Sol em seu movimento anual aparente no céu. Dois alunos afirmaram que tais variações são causadas pelo movimento de rotação (Alternativa B) e oito responderam que é por causa do movimento de translação da Terra (Alternativa C).

**Tabela 39 – Questão 04 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	00	02	08	10	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os discentes 04 e 12 associaram o fenômeno ao movimento de rotação da Terra. Possivelmente, eles confundiram com o ciclo natural dos dias e das noites, formado pela rotação terrestre. Já os alunos 02, 07, 08, 09, 10, 15, 18 e 20 associaram o fenômeno ao

movimento de revolução da Terra que, considerado isoladamente, não explica a ocorrência de maiores e menores períodos diurnos e noturnos ao longo do ano.

Na questão 05 a metade da turma (10) respondeu corretamente ao afirmar que o Sol nascerá ao sul do ponto cardeal leste em 21 de dezembro, ou à direita do observador que se encontra de frente para o horizonte leste. Cinco discentes responderam que o nascer do Sol ocorrerá ao norte do ponto cardeal leste (Alternativa A) e outros cinco afirmaram que o astro nascerá sobre o ponto cardeal leste, mesmo durante o solstício de verão (Alternativa C).

**Tabela 40 – Questão 05 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	05	10	05	00	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Houve um pequeno avanço no aprendizado da turma nesta questão, tendo em vista que no questionário prévio o grupo obteve um total de oito acertos (esta pergunta é a mesma da questão 03 do 1º teste, conforme demonstrado pelo Diagrama 01).

Os discentes 05, 06, 07, 09 e 10 erraram a posição aparente do Sol no horizonte leste, pois consideraram que ele nascerá ao norte do plano do equador no solstício de verão para o hemisfério sul. O curioso é que os alunos 05, 06 e 07 acertaram esta questão no questionário prévio, enquanto que os alunos 09 e 10 mantiveram a mesma resposta, isto é, cometeram o mesmo erro.

Em relação à questão 02 do questionário posterior, apenas os alunos 05 e 07 acertaram, enquanto que os demais (06, 09 e 10) cometeram novamente o erro em considerar o Sol ao norte do plano do equador após o equinócio de primavera para o hemisfério sul (mês de setembro).

Já os discentes 03, 12, 15, 16 e 19 cometeram o erro em considerar o Sol sobre o ponto cardeal leste em uma data de solstício (21 de dezembro). Apenas o aluno 19 acertou esta questão no 1º teste e os demais erraram, permanecendo, assim, sem compreender a relação entre a data de solstício e a posição aparente do Sol no horizonte.

Os alunos 12 e 15 assinalaram a alternativa C (*no ponto cardinal Leste*) nos dois questionários, o que reforça a ideia fixa do Sol nascente e poente nos pontos cardeais diariamente. Eles erraram também a questão 02 do questionário posterior, demonstrando confusões na coordenação entre os pontos de vista no espaço e as direções geográficas, por meio do movimento aparente do Sol.

O aluno 16 também errou a questão 02 do 2º teste, mas os discentes 03 e 19 responderam corretamente ao passo que eles conseguiram assimilar o deslocamento contínuo do Sol no horizonte ao longo dos dias. Todavia, eles não conseguiram associar a posição aparente do Sol em relação ao horizonte com a data de solstício proposta pela questão.

Sobre a questão 06, o Grupo C apresentou uma pequena queda no desempenho posterior à aula, uma vez que no 1º teste foram 16 acertos da turma e no 2º teste foram 14 acertos (esta questão é a mesma da pergunta nº 04 do questionário prévio). Três alunos cometeram erros de lateralidade (Alternativas A e C) e outros três erraram o lado do Sol nascente (Alternativa D).

**Tabela 41 – Questão 06 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	01	14	02	03	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

O discente 01 foi o único a cometer um duplo equívoco envolvendo a lateralidade corporal e o lado do Sol nascente no horizonte, pois assinalou a alternativa A. O curioso é que ele respondeu corretamente esta questão no 1º teste.

Os discentes 17 e 18 também cometeram erros de lateralidade, pois assinalaram que o Sol nascerá do lado esquerdo do observador que se encontra de frente para o norte. No questionário prévio, o aluno 17 acertou esta questão enquanto que o aluno 18 manteve a mesma resposta, repetindo, assim, seu erro de lateralidade.

Já os discentes 05, 06 e 10 responderam corretamente que o Sol aparecerá do lado direito do observador, mas eles consideraram que o nascer do Sol será no horizonte oeste

(lado poente). Vale destacar que os três alunos (05, 06 e 10) responderam corretamente esta questão antes da aula na cúpula.

Na questão 07 a turma demonstrou um avanço no aprendizado em relação ao questionário prévio (esta questão é a mesma da pergunta nº 05 do 1º teste). O grupo obteve 14 acertos após a aula na cúpula, enquanto que no questionário prévio foram 10 respostas corretas. Quatro alunos cometeram erros de lateralidade (Alternativas A e C) e dois erraram o lado do Sol nascente (Alternativa B), conforme tabela abaixo.

**Tabela 42 – Questão 07 do Questionário Posterior do Grupo C**

Público Pesquisado	Alternativas				Total
	A	B	C	D	
	03	02	01	14	20

**Org.:** ALVES, Fernando (2013)

Os alunos 10, 16 e 17 erraram a lateralidade corporal, pois afirmaram que o Sol nascerá do lado direito do observador que se encontra de frente para o horizonte sul. O discente 16 acertou a questão anterior, ou seja, ele forneceu a mesma resposta para as questões 06 e 07, demonstrando o pensamento cristalizado do Sol nascente à direita.

O aluno 17 errou a lateralidade na questão 06 também, uma vez que inverteu os lados do observador em relação ao nascer do Sol no horizonte. Já o aluno 10 afirmou em ambas as questões que o Sol nascerá do lado direito do observador, o que demonstra também um pensamento fixo. Nenhum dos três acertou a questão antes da aula na cúpula.

Os discentes 02 e 04 raciocinaram corretamente a lateralidade corporal, mas afirmaram que o nascer do Sol será no horizonte oeste. Como os dois alunos acertaram a questão anterior, verifica-se que a alteração na posição do observador provocou uma mudança no lado do Sol nascente, como se o movimento diário aparente do Sol no céu estivesse subordinado ao ponto de vista do observador no espaço. Eles cometeram o mesmo erro no questionário prévio.

O discente 18 foi o único da turma a cometer um erro duplo nesta questão ao considerar que o Sol nascerá no lado oeste do horizonte à direita do observador (Alternativa

C). Ele cometeu também erros de lateralidade na questão anterior e no questionário prévio, o que indica que tal aluno saiu confuso da aula.

Embora tenham persistido vários erros, a queda de acertos constatada na questão 06 e o aumento na questão 07, comparando-as com os resultados do questionário prévio (questões 04 e 05, respectivamente), demonstra que a aula na cúpula possibilitou aos alunos desenvolver um pensamento mais reversível e descentralizado das diferentes posições do observador no espaço em relação às direções geográficas, principalmente com a mudança da perspectiva para o lado sul do horizonte.

Estas constatações sugerem que a aula na cúpula pode contribuir para *desnortear*, literalmente, os alunos por meio da superação de ideias fixas como “o norte encontra-se sempre à frente”. As operações mentais que envolvem tal processo cognitivo contribuem para o desenvolvimento qualitativo de um raciocínio mais flexível acerca das relações espaciais que abarcam tanto o esquema corporal quanto as direções geográficas.

De acordo com a exposição dos resultados do questionário posterior e da análise geral entre os conhecimentos prévios e posteriores do Grupo C, registrar-se-á as principais conclusões sobre o aprendizado desta turma durante a aula na cúpula:

- a) houve uma considerável melhoria no aprendizado da turma em relação à passagem do Sol pelo zênite. A maioria da turma (15) compreendeu a dinâmica do fenômeno na latitude de Goiânia, pois ninguém havia acertado a questão que envolvia este tema no questionário prévio;
- b) a turma apresentou uma significativa queda no desempenho sobre o “Sol da meia-noite”. A maioria do grupo (11) associou o fenômeno com o movimento de precessão da Terra;
- c) o grupo compreendeu um pouco melhor a coordenar os diferentes pontos de vista do observador no espaço em relação à percepção do movimento anual aparente do Sol nos horizontes leste (Sol nascente) e oeste (Sol poente). A maioria entendeu que o Sol se desloca na direção norte-sul com a sucessão dos dias, mas permaneceram vários erros relativos ao sentido do deslocamento solar no horizonte e seu posicionamento de acordo com a época do ano;
- d) apenas a metade da turma (10) entendeu que a declinação do Sol na esfera celeste ao longo do ano altera os períodos diurno e noturno dos dias. Houve

equivocos relacionados aos movimentos de rotação e translação da Terra, uma vez que tais movimentos foram considerados isoladamente;

- e) a aula na cúpula proporcionou aos alunos um pensamento mais descentralizado e reversível das relações espaciais por meio do movimento diário e anual aparente do Sol. Os resultados posteriores à aula indicaram uma maior familiaridade dos alunos com a orientação geográfica pelo lado sul do horizonte.

Os resultados individuais do Grupo C encontram-se no Quadro 06. As considerações sobre o aprendizado de cada discente aparecem de forma sucinta no quadro. Os conteúdos que não são comentados (ou não aparecem) são os tópicos da aula em que o aluno respondeu corretamente nos questionários prévio e posterior.

Quadro 06 – Síntese dos Resultados Individuais do Grupo C

Alunos	Aprendizado na Cúpula			Parecer sobre o Aprendizado
	Bom	Médio	Ruim	
01	X			Melhorou parcialmente a coordenação dos pontos de vista no espaço. Não compreendeu o Sol no zênite.
02	X			Compreendeu o Sol no zênite. Cometeu o mesmo erro sobre as relações espaciais e acertou o sentido do deslocamento solar.
03	X			Não compreendeu o Sol da meia-noite, mas entendeu o Sol no zênite. Acertou o sentido do deslocamento do Sol no horizonte.
04	X			Melhorou parcialmente a coordenação dos pontos de vista no espaço. Não compreendeu o Sol da meia-noite e o Sol no zênite.
05		X		Entendeu o Sol no zênite e não compreendeu o Sol da meia-noite. A coordenação dos pontos de vista ficou confusa.
06			X	Compreendeu o Sol no zênite, mas a coordenação dos pontos de vista ficou bem confusa. Não compreendeu o Sol da meia-noite.
07			X	Acertou o Sol no zênite, mas não entendeu o Sol da meia-noite. Cometeu erros sobre relações espaciais que não cometera antes.
08		X		Compreendeu o Sol no zênite, mas não entendeu o Sol da meia-noite. Acertou o sentido do deslocamento do Sol no horizonte.
09		X		Permaneceu sem compreender o Sol no zênite e o Sol da meia-noite. Melhorou muito pouco a coordenação dos pontos de vista.
10			X	Não compreendeu o Sol da meia-noite e a coordenação dos pontos de vista ficou bastante confusa. Entendeu o Sol no zênite.
11	X			Ótima coordenação dos pontos de vista no espaço. Compreendeu o Sol no zênite, mas não entendeu o Sol da meia-noite.
12	X			Melhorou parcialmente a coordenação dos pontos de vista no espaço. Não compreendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite.
13	X			Acertou todo o questionário posterior. Compreendeu o Sol no zênite e o Sol da meia-noite.
14	X			Compreendeu o Sol no zênite e o movimento anual aparente do Sol no céu. Errou apenas o sentido do deslocamento solar.
15	X			Compreendeu o Sol no zênite. Melhorou pouco a coordenação das perspectivas no espaço. Não entendeu o Sol da meia-noite.
16		X		Permaneceu com as mesmas confusões sobre as relações espaciais. Não compreendeu o Sol no zênite.
17		X		Compreendeu o Sol no zênite, mas não entendeu o Sol da meia-noite. Cometeu erro de lateralidade que não cometera antes.
18			X	Ficou muito confuso sobre as relações espaciais. Compreendeu o Sol no zênite e não entendeu o Sol da meia-noite.
19		X		Entendeu o Sol no zênite. Cometeu erro sobre a posição do Sol no solstício que não cometera antes. Errou o Sol da meia-noite.
20	X			Compreendeu o Sol no zênite e melhorou parcialmente a coordenação das perspectivas no espaço geográfico.
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>06</b>	<b>04</b>	

Conclui-se que dez alunos aprimoraram seus conhecimentos após a aula na cúpula, demonstrando que o Planetário da UFG contribuiu para o aprendizado desses discentes; seis alunos obtiveram um aprendizado mediano, permanecendo com alguns pensamentos confusos e sem compreender determinados temas trabalhados; e quatro alunos tiveram um aprendizado ruim dentro da cúpula, o que indica que esses discentes encontraram grandes dificuldades em relação à aprendizagem no decorrer da aula.

Ao considerar todo o público pesquisado, isto é, os Grupos A, B e C, os resultados são: *24 alunos* alcançaram um bom aprendizado na cúpula; *19 alunos* obtiveram um aprendizado mediano, permanecendo após a aula com algumas confusões conceituais em relação aos conteúdos trabalhados; e *13 alunos* tiveram um aprendizado ruim dentro da cúpula, demonstrando várias dificuldades.

#### 4.5 CONVERGÊNCIAS, DIVERGÊNCIAS E ARTICULAÇÕES

Sabe-se que todo o público investigado neste trabalho é composto por estudantes do curso superior de Geografia, sendo duas turmas da UFG e uma da UEG. Os três grupos que compõem este público cursam o 1º ano de graduação, cuja habilitação é licenciatura plena. Portanto, o levantamento de concepções prévias torna-se importante para verificar quais são as noções e os conhecimentos que esses alunos trazem da Educação Básica para que eles realizem o curso superior de formação de professores em Geografia.

Observou-se que a grande maioria dos alunos desconhece a passagem do Sol pelo zênite e que há uma forte relação deste fenômeno com o círculo máximo do equador terrestre em decorrência das elevadas médias de temperatura do ar atmosférico nas baixas latitudes ao longo de todo o ano. Os Grupos A e C evidenciaram bem esta concepção alternativa que, geralmente, os alunos aprendem nas escolas e nos livros didáticos ao longo da Educação Básica. O Grupo C demonstrou nitidamente tal concepção em suas respostas prévias.

Os três grupos demonstraram em sua maioria que entendem o significado da expressão “Sol da Meia-noite”. No entanto, em todas as turmas foram encontradas respostas que consideram o fenômeno como um nascer ou um ocaso do Sol à meia-noite, ou ainda como uma lenda folclórica.

Em todos os grupos foram constatadas, também, a crença de que o Sol nasce e se põe diariamente nos pontos cardeais leste e oeste, demonstrando que vários alunos não sabem associar corretamente a data de solstício de verão com a posição aparente do Sol em relação ao horizonte. Erros envolvendo o lado do Sol nascente também foram encontrados nos três grupos, o que demonstra ambiguidades em alguns alunos quanto à dinâmica do movimento diurno aparente do Sol na esfera celeste.

Os alunos dos Grupos A e C revelaram que estão muito mais familiarizados com a orientação geográfica pelo norte, uma vez que os erros são bem mais frequentes quando o observador encontra-se voltado para as direções leste e sul. Isto confirma a ideia fixa do norte sempre à frente. Como se sabe, tal ideia é construída grosseiramente pela prática docente nas instituições de ensino formal, sendo que os materiais didáticos utilizados em tais instituições endossam esses equívocos.

Já o Grupo B apresentou em sua maioria uma dificuldade muito grande em coordenar os pontos de vista com as direções geográficas, independente da posição do observador no espaço. Foram constatados diversos erros envolvendo a lateralidade corporal e o lado do Sol nascente no horizonte.

Nos três grupos, vários alunos demonstraram que sua posição na superfície determina o lado do Sol nascente, o que demonstra novamente um pensamento cristalizado sobre as relações espaciais entre o esquema corporal e as direções geográficas.

Em suma, estas são as principais convergências e divergências encontradas entre os resultados obtidos por meio do levantamento de concepções prévias que foi realizado ao longo da pesquisa com os três grupos.

Sobre o aprendizado na cúpula (segundo questionário), podemos verificar que os alunos compreenderam melhor o fenômeno da passagem do Sol pelo zênite, principalmente os discentes do Grupo C. Percebeu-se que algumas concepções alternativas persistiram após a aula, embora os avanços no aprendizado do tema fossem notórios.

A maioria do Grupo A compreendeu o fenômeno do “Sol da Meia-noite”, enquanto que os Grupos B e C apresentaram muitas confusões após a aula, pois vários alunos associaram o fenômeno ou aos equinócios, ou ao movimento de precessão da Terra. Os resultados negativos do Grupo B sobre o tema remetem aos problemas técnicos do projetor

Zeiss Spacemaster, enquanto que no Grupo C não houve nenhum problema aparente que justificasse a queda no desempenho dos alunos após a aula na cúpula.

Os Grupos A e C aprimoraram um pouco a coordenação dos pontos de vista do observador no espaço em relação às posições do Sol em sua trajetória anual aparente nos horizontes leste (Sol nascente) e oeste (Sol poente). Já o Grupo B, no geral, permaneceu com um pensamento muito confuso acerca do movimento anual aparente do Sol no céu.

Verificou-se em todos os grupos que a maioria dos alunos compreendeu que o Sol descreve uma declinação na direção norte-sul ao longo do ano, todavia vários discentes cometeram equívocos quanto à posição aparente do Sol no céu em relação ao horizonte geográfico, haja vista que o astro luminoso desloca-se ora para o norte, ora para o sul, dependendo da época do ano em questão.

Praticamente a metade do público investigado não compreendeu que o movimento anual aparente do Sol provoca alterações nas partes diurna e noturna dos dias. Houve muitos erros nos três grupos decorrentes de uma abordagem isolada dos principais movimentos do planeta Terra: rotação e revolução (ou translação).

A aula na cúpula proporcionou aos alunos do Grupo A e C o desenvolvimento de um raciocínio mais descentralizado e reversível das relações espaciais entre o esquema corporal e as direções geográficas, indicadas por meio do movimento diário e anual aparente do Sol no céu. Os resultados desses dois grupos apontam uma maior familiaridade dos alunos com o lado sul do horizonte após a aula.

Já os alunos do Grupo B demonstraram um pensamento muito confuso sobre as relações espaciais no questionário posterior à aula. O excesso de erros envolvendo a lateralidade corporal e os lados do Sol nascente e poente no horizonte comprovam as ambiguidades da turma em geral.

Acredita-se que todos os resultados negativos do Grupo B estão diretamente relacionados aos imprevistos e aos problemas técnicos ocorridos no dia da aula, o que nos leva a concluir que o bom funcionamento e o bom uso do sistema do Planetário da UFG tornam-se imprescindíveis para a eficácia dos resultados acerca da aprendizagem dos alunos que o frequentam.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da cúpula do Planetário da UFG como sala de aula requer algumas ponderações para melhor compreensão dos resultados obtidos. As características físicas da sala de projeção possuem algumas variáveis ambientais que podem interferir diretamente nos resultados da pesquisa.

Sobre o ambiente interno da cúpula torna-se relevante elencar alguns aspectos, a saber: as poltronas reclinadas são confortáveis e podem gerar sono nos alunos; a escuridão e a baixa temperatura podem causar desconforto e medo<sup>64</sup>, atrapalhando a atenção dos discentes; o movimento da esfera celeste pode gerar vertigem nos alunos; o som do microfone durante a aula pode dar fadiga e desinteresse na turma, uma vez que os alunos não veem o professor (eles escutam apenas sua voz por conta da escuridão na sala); o carpete da cúpula pode incomodar pessoas alérgicas etc.

Associada às variáveis ambientais encontram-se também as variáveis pessoais dos alunos investigados, haja vista que não houve seleção de voluntários para participar da pesquisa empírica. Assim, deve ser considerado nos resultados o desinteresse dos discentes, o cansaço e a fome (como foi o caso do Grupo B), as conversas paralelas, a desatenção, o uso de celulares durante a aula, entre outros fatores corriqueiros. Trata-se, no entanto, de considerar todas as situações reais que envolvem uma sala de aula comum.

Acredita-se que o conjunto de tais variáveis pode comprometer o aprendizado dos alunos no interior desses espaços. Embora os planetários óptico-mecânicos ofereçam um cenário bastante favorável para a demonstração dos eventos astronômicos, onde a esfera celeste é projetada e simulada na tela hemisférica da cúpula por meio do referencial topocêntrico, torna-se plausível registrar que existem variáveis nestes espaços de ciência que, em alguns casos, implicam em um fraco aprendizado por parte do discente.

A estrutura circular da cúpula do Planetário da UFG define uma distribuição concêntrica das poltronas em torno do projetor Zeiss Spacemaster. Por conseguinte, a posição da poltrona em que o aluno senta para assistir a aula pode gerar confusões de lateralidade corporal, o que irá influenciar negativamente em seu aprendizado dentro da cúpula.

---

<sup>64</sup> Segundo Tuan (2005), o medo do escuro é universal.

Vale destacar que a grande maioria dos alunos avaliados nesta pesquisa sentou de frente para os lados norte e leste, sendo que houve uma minoria que optou em sentar de frente para os lados sul e oeste do horizonte. Isto significa dizer que é possível adquirir diferentes perspectivas dentro da cúpula em relação às direções geográficas.

Para que as confusões de lateralidade corporal sejam minimizadas na cúpula, é necessário que o discente tenha em sua formação básica uma boa coordenação dos pontos de vista no espaço ambiente, o que quase sempre não acontece em decorrência da má qualidade de nosso Ensino Fundamental no Brasil, principalmente quando se trata de escolas públicas.

Sabe-se que a coordenação dos pontos de vista exige uma descentralização espacial, pois as posições relativas dos objetos no espaço envolvem diferenciação, deslocamento e orientação das perspectivas adquiridas no âmbito do espaço geográfico. Todo o desenvolvimento deste processo cognitivo abrange um emaranhado de operações qualitativas vinculadas ao espaço que devem ser trabalhadas ao longo de toda a formação básica do aluno.

A sala de projeção do Planetário da UFG configura um local em que o amadurecimento da coordenação dos pontos de vista do observador com as direções geográficas torna-se imprescindível para a compreensão de fenômenos astronômicos abordados por meio do referencial topocêntrico, como é o caso do movimento diário e anual aparente do Sol na esfera celeste. Caso contrário, os erros e as confusões de lateralidade corporal serão inevitáveis.

Os resultados obtidos por meio do questionário diagnóstico de conhecimento prévio demonstram que grande parte dos discentes ingressa na Educação Superior sem dominar as relações entre seu corpo e as direções geográficas no espaço circundante. Tais resultados revelam lacunas e carências na formação desses alunos que, ao longo da Educação Básica, não aprendem, adequadamente, princípios básicos da alfabetização cartográfica e da orientação espacial.

Por outro lado, acreditamos que o formato concêntrico da cúpula ajuda a desconstruir ideias engessadas que os alunos trazem em suas formações, tais como “o norte encontra-se à frente”, “o leste encontra-se à direita” ou “o Sol nasce à direita e se põe à esquerda”. A arquitetura circular da sala possibilita ao aluno ficar de frente para as principais direções geográficas, seja o norte, o sul, o leste ou o oeste. Isto pode contribuir para o desenvolvimento de uma consciência espacial, de um raciocínio mais flexível, descentralizado e reversível

acerca das relações espaciais, desde que se tenha uma boa coordenação dos pontos de vista para evitar as confusões de lateralidade e, posteriormente, atingir um aprendizado satisfatório no interior desses espaços de ciência.

Abordar o tema das estações do ano a partir da superfície terrestre requer a compreensão do movimento anual aparente do Sol no céu. Torna-se fundamental observar a natureza por intermédio da realidade local, pois a construção do conhecimento se dá pela interação do sujeito com seu meio ambiente. O aluno alcança o saber através da reflexão, da ação e do contato com sua própria realidade, com seu espaço percebido.

Logo, o ensino das estações precisa ser contextualizado à realidade local do discente, evidenciando o referencial topocêntrico e a importância da orientação geográfica pelo sul, tal como proposto por Campos (1999) ao colocar em prática o ato de “SULear”.

Neste contexto, faz-se necessário readaptar no ensino a representação corporal que foi importada do hemisfério norte. Sabe-se que tal importação ocorreu de maneira acrítica, pois implicou em uma aceitação indiscriminada de referenciais estranhos aos contextos culturais das populações do hemisfério sul. O uso inadequado dos referenciais do norte dissociou a teoria das estações do ano da realidade local e regional dos povos que habitam o sul, dificultando consideravelmente a aplicação conceitual das estações em grande parte do território brasileiro, por exemplo.

Recomenda-se, portanto, uma observação direta e contínua do movimento anual aparente do Sol para apreciar e reconhecer o fenômeno na própria natureza. Sobreira (2002) aconselha acompanhar as estações do ano ao longo de um ano letivo para facilitar a compreensão do tema, pois os períodos de tempo relativos à passagem das estações são definidos por fenômenos naturais de ordem astronômica que se sucedem ao longo do tempo.

Atividades interdisciplinares de Geografia e Educação Física nas escolas tornam-se, também, fundamentais para que seja possível trabalhar desde cedo com os alunos as relações espaciais existentes entre o corpo humano e os referenciais de orientação presentes no espaço geográfico.

No levantamento de concepções prévias (ou alternativas), obtido por meio da aplicação do primeiro questionário, foi possível diagnosticar um modelo mental predominante que denominamos de “*equinócio eterno*”, haja vista que a crença em que o Sol nasce e se põe

diariamente nos pontos cardeais leste e oeste, respectivamente, e ao meio-dia solar encontra-se sobre o equador terrestre, independente da latitude, ainda é muito forte.

Já no aprendizado adquirido durante a aula na cúpula, obtido por meio da aplicação do segundo questionário, ficou claro que vários alunos compreenderam melhor o movimento anual aparente do Sol. Muitos entenderam que o Sol descreve uma declinação no céu com o passar dos dias e que se trata de um movimento circular, contínuo e tridimensional, que se desloca vagarosamente na direção norte-sul formando uma espécie de “espiral” cujo passo diário é bem pequeno, uma vez que o Sol demora cerca de seis meses para deslocar-se de um trópico ao outro em seu movimento aparente ao longo do ano.

A exibição da trajetória aparente do Sol na tela da cúpula ao longo dos meses possibilitou aos alunos uma melhor compreensão dos instantes que marcam os equinócios e os solstícios, isto é, os momentos em que a eclíptica cruza o equador celeste e depois atinge seu máximo afastamento em relação ao plano do equador. A projeção dos planos da eclíptica e do equador celeste no interior da cúpula demonstrou aos discentes o quanto que o Sol se desloca aparentemente no céu durante o interregno de um ano, seja próximo ao horizonte ou no alto do céu (zênite).

Houve, por conseguinte, uma superação parcial do modelo mental “*equinócio eterno*”, haja vista que a maioria dos discentes avaliados nesta pesquisa compreendeu melhor a passagem do Sol pelo zênite, inclusive na latitude de Goiânia, e também que o Sol não nasce e nem se põe nos pontos cardeais leste e oeste todos os dias do ano.

Embora tenham ocorrido diversos erros após a aula, principalmente em relação ao sentido do deslocamento solar no céu ao longo do ano, acreditamos que o uso dos equipamentos da sala de projeção do Planetário da UFG pode ser utilizado para alcançar o *domínio conceitual* das estações do ano, conforme preconizado por Barrio (2002). Para que isto seja realmente efetivado, o planetário deve lançar mão de metodologias de ensino que priorizem a formação conceitual e científica do aluno por meio de atividades formais e continuadas, valorizando-se sempre o aspecto educacional.

Indubitavelmente, ficaram várias dúvidas após a aula na cúpula. Encaramos isso com certa naturalidade, pois sabemos que uma aula apenas não é o suficiente e que os esforços vão muito além de uma cúpula de planetário com estrelas e planetas. São necessários também

seminários e cursos de Astronomia que combinem o uso do planetário com a aprendizagem ao céu aberto.

Torna-se essencial aprender a observar a natureza para que nossos alunos possam acompanhar, apreciar e reconhecer o movimento anual aparente do Sol na própria natureza. Sabe-se que tais observações contribuem significativamente para a compreensão das estações do ano por meio das variações nos ângulos de incidência dos raios solares, nas paisagens climáticas e botânicas, na temperatura média do ar atmosférico, no comprimento das sombras ao longo do ano etc.

É neste contexto que o Planetário da UFG pode contribuir para a (re)construção dos conhecimentos astronômicos e geográficos, bem como de todos os outros campos do saber relacionados aos fenômenos celestes, realizando diagnósticos prévios – concepções alternativas – para depois efetivar uma mudança conceitual nos alunos dentro da cúpula por meio de práticas e metodologias de ensino que visem a compreensão dos modelos científicos. Afinal, este é o objetivo da educação em Astronomia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. D. **Do Desenho ao Mapa**: iniciação cartográfica na escola. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2006. 115 p. (Coleção Caminhos da Geografia).
- ALMEIDA, R. D.; PASSINI, E. Y. **O Espaço Geográfico**: ensino e representação. 16. ed. São Paulo: Contexto, 2010. 90 p. (Coleção Repensando o Ensino).
- ALMEIDA, S. A. (Org.) et al. **Planetário da Universidade Federal de Goiás**: uma história de vida. Goiânia: Vieira, 2010. 93 p.
- ALVES, F. R. J. A gênese da dicotomia homem/natureza e suas implicações no mundo contemporâneo. In: ENCONTRO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 12., 2011, Barra do Garças. **Anais...** Barra do Garças: Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Goiânia, 2011. p. 01-13. CD-ROM.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.
- ATHAYDE JUNIOR, L. S. As estações do ano nas localidades tropicais focando Salvador Bahia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2., 2012, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Instituto de Física da USP, 2012. p. 84-96. Disponível em: <[http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/?q=snea2012\\_resumo\\_CO15](http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/?q=snea2012_resumo_CO15)>. Acesso em: 12 set. 2013.
- BARRIO, J. B. M. A investigação educativa em Astronomia: os planetários como espaço de ensino e aprendizagem. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 159-178.
- \_\_\_\_\_. **El Planetario**: un recurso didáctico para la enseñanza de la Astronomía. 2002. 342 f. Tesis (Doctor en Didáctica de las Ciencias) – Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002.
- BISCH, S. M. **Astronomia no Ensino Fundamental**: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores. 1998. 301 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 429 p.
- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental – Geografia. Brasília: MEC/SEF, 1998. 156 p.
- CAMINO, N. 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**, Barcelona, v. 13, n. 1, p. 81-96, 1995.

CAMPOS, M. D. **SULear vs NORTEar**: representações e apropriações do espaço entre emoção, empiria e ideologia. [S.l.: s.n.], 1999. Disponível em: <<http://www.sulear.com.br/textos.html>>. Acesso em: 03 nov. 2012.

CANIATO, R. **Com Ciência na Educação**: ideário e prática de uma alternativa brasileira para o ensino da ciência. Campinas, SP: Papirus, 1987. 127 p.

\_\_\_\_\_. **O Céu**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1993. 144 p.

CARDOSO, W. T. Apresentação. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 7-12.

CARVALHO, M. C. M. P. Espaços de cultura e formação de professores/monitores. In: LEITE, M. I.; OSTETTO, L. E. (Org.). **Museu, Educação e Cultura**: encontros de crianças e professores com a arte. Campinas, SP: Papirus, 2005. p. 117-139. (Coleção Ágere).

CASATI, R. **A Descoberta da Sombra**: de Platão e Galileu, a história de um enigma que fascina a humanidade. São Paulo: Companhia das Letras, 2001. 319 p.

CASTELLAR, S. M. V. Educação geográfica: formação e didática. In: MORAIS, E. M. B.; MORAES, L. B. (Org.). **Formação de Professores**: conteúdos e metodologias no ensino de Geografia. Goiânia: Vieira, 2010. p. 39-57.

CASTROGIOVANNI, A. C. Apreensão e compreensão do espaço geográfico. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Ensino de Geografia**: práticas e textualizações no cotidiano. 3. ed. Porto Alegre: Mediação, 2000. p. 11-81.

CAVALCANTI, L. S. **Geografia, Escola e Construção de Conhecimentos**. 10. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007. 192 p. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

CONTI, J. B. A Geografia física e as relações sociedade-natureza no mundo tropical. In: CARLOS, A. F. A. (Org.). **Novos Caminhos da Geografia**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2007. p. 9-26. (Coleção Caminhos da Geografia).

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2005. p. 67-208. (Didática; 3).

DE MANUEL BARRABÍN, J. ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1995.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002. 208 p. (Série Didática).

FERREIRA, C. C.; SIMÕES, N. N. **A Evolução do Pensamento Geográfico**. 7. ed. Lisboa: Gradiva, 1992. 142 p.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R. Algumas considerações sobre a evolução dos modelos de mundo e o conceito de atração gravitacional. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 179-208.

GOMES, P. C. C. **Geografia e Modernidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 368 p.

\_\_\_\_\_. O conceito de região e sua discussão. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (Org.). **Geografia: conceitos e temas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 49-76.

HOUAISS, A. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa**. Direção geral de Antônio Houaiss, Mauro de Salles Villar e Francisco Manoel de Mello Franco. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil 2012**. v. 72. Rio de Janeiro: IBGE, 2013a. 458 p.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013b. 156 p.

\_\_\_\_\_. **Atlas Geográfico Escolar**. 6. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 218 p.

\_\_\_\_\_. **Atlas Geográfico Escolar: Ensino Fundamental do 6º ao 9º ano**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 168 p.

JOLY, F. A **Cartografia**. 8. ed. Campinas, SP: Papirus, 2005. 136 p.

KOESTLER, A. **O Homem e o Universo: como a concepção do universo se modificou através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Ibrasa, 1989. 426 p.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LANCIANO, N. Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 7, n. 2, p. 173-182, 1989.

LANGHI, R. Astronomia observacional para professores de ciências: uma introdução ao reconhecimento do céu noturno. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 15-36.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretativas nos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**. Limeira, SP, v. 2, n. 2, p. 75-92, 2005.

LEITE, C. **Formação do Professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade**. 2006. 274 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. A espacialidade no processo de ensino-aprendizagem de Astronomia. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 143-158.

\_\_\_\_\_. Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de Astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 797-811, 2009.

LEITE, M. I. Museus de arte: espaços de educação e cultura. In: LEITE, M. I.; OSTETTO, L. E. (Orgs.). **Museu, Educação e Cultura**: encontros de crianças e professores com a arte. Campinas, SP: Papirus, 2005. p. 19-54. (Coleção Ágere).

LIMA NETO, G. B. **Astronomia de Posição**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (IAG/USP). São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/astroposicao.html>>. Acesso em: 18 nov. 2012.

LONGHINI, M. D.; MORA, I. M. Uma investigação sobre o conhecimento de Astronomia de professores em serviço e em formação. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 87-115.

MARTINS, C. S. **O Planetário**: espaço educativo não formal qualificando professores da segunda fase do Ensino Fundamental para o ensino formal. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal Goiás, Goiânia, 2009.

MARTINS, D. C.; GODOI, N.; MASCARENHAS, Y. P. Ensino de Astronomia no nível fundamental por meio da informática: relato de uma experiência. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 117-141.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e Meio Ambiente**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 80 p. (Coleção Caminhos da Geografia).

\_\_\_\_\_. **Geografia Física**: ciência humana? 5. ed. São Paulo: Contexto, 1997. 72 p. (Coleção Repensando a Geografia).

MONTOITO, R.; LEIVAS, J. C. P. A representação do espaço na criança, segundo Piaget: os processos mentais que a conduzem à formação da noção do espaço euclidiano. **VIDYA**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 21-35, 2012.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOURÃO, R. R. F. **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987. 956 p.

OLIVEIRA, L. A construção do espaço, segundo Jean Piaget. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 33, p. 105-117, 2005.

OLIVEIRA, L. O ensino/aprendizagem de Geografia nos diferentes níveis de ensino. In: PONTUSCHKA, N. N.; OLIVEIRA, A. U. (Org.). **Geografia em Perspectiva: ensino e pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2004. p. 217-220.

PARKER, J.; HEYWOOD, D. The Earth and beyond: developing primary teacher's understanding of basic astronomical events. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 5, p. 503-520, 1998.

PEREIRA, R. M. F. A. **Da Geografia que se Ensina à Gênese da Geografia Moderna**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 138 p.

PIAGET, Jean. **A Epistemologia Genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Coleções Os Pensadores). 64 p.

\_\_\_\_\_. **A Representação do Mundo na Criança**. 2. ed. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2005. 318 p.

PONTUSCHKA, N. N. A Geografia: pesquisa e ensino. In: CARLOS, A. F. A. (Org.). **Novos Caminhos da Geografia**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2007. p. 111-142. (Coleção Caminhos da Geografia).

PRIMACK, J. R.; ABRAMS, N. E. **Panorama Visto do Centro do Universo: a descoberta de nosso extraordinário lugar no cosmos**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. 453 p.

QUEIROZ, G. P.; BARBOSA-LIMA, M. C. A.; VASCONCELLOS, M. M. N. Física e arte nas estações do ano. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**. Limeira, SP, v. 1, n. 1, p. 33-54, 2004.

SABOTA, H. S. **Sistemas Geocêntricos e Heliocêntricos: os modelos mentais e as concepções espontâneas de alunos e professores sobre estações do ano**. 2010. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 120 p. (Coleção Milton Santos, 12).

SILVEIRA, F. L. As variações dos intervalos de tempo entre as fases principais da Lua. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 300-307, 2001.

SILVESTRE, R. F.; LONGHINI, M. D. Observatório astronômico de Uberlândia/MG: o início de uma trajetória na divulgação e no ensino de Astronomia. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Átomo, 2010. p. 73-83.

SOBREIRA, P. H. A. As festividades do Natal, São João e as estações do ano. **Revista Glocal: painel de geopolítica, meio ambiente e cultura**. [São Paulo], v. 2, n. 2, p. 36-37, [2012?].

SOBREIRA, P. H. A. **Astronomia no Ensino de Geografia**: análise crítica nos livros didáticos de Geografia. 2002. 275 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

\_\_\_\_\_. **Astronomia no Livro Didático de Geografia**. 1994. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

\_\_\_\_\_. **Cosmografia Geográfica**: a Astronomia no ensino de Geografia. 2005. 239 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

\_\_\_\_\_. 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, SP: Átomo, 2010. p. 37-57.

TRUMPER, R. University student's conceptions of basic astronomy concepts. **Physics Education**, Bristol, v. 35, n. 1, p. 9-15, 2000.

TUAN, Y. **Paisagens do Medo**. São Paulo: Ed. UNESP, 2005. 374 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, PE: [s.n.], 2006. 449 p. Disponível em: <[http://www.agritempo.gov.br/modules.php?name=downloads&d\\_op=viewdownload&cid=19](http://www.agritempo.gov.br/modules.php?name=downloads&d_op=viewdownload&cid=19)>. Acesso em: 24 ago. 2012.

VÁZQUEZ, G. La educación no formal y otros conceptos próximos. In: SARRAMONA, J.; VÁZQUEZ, G.; COLOM, A. J. **Educación No Formal**. Barcelona: Ariel, 1998. p. 11-25.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

**Páginas Virtuais (websites):**

<http://biblioteca.ibge.gov.br/>

(acesso em: 06 ago. 2013)

<http://mestrado.prppg.ufg.br/>

(acesso em: 27 ago. 2013)

<http://planetarios.org.br/>

(acesso em: 12 ago. 2013)

<http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/>

(acesso em: 12 set. 2013)

[http://solar.physics.montana.edu/sol\\_phys/](http://solar.physics.montana.edu/sol_phys/)

(acesso em: 05 mar. 2012)

<http://www.abnt.org.br/>

(acesso em: 23 jan. 2013)

<http://www.abntcatalogo.com.br/>

(acesso em: 23 jan. 2013)

<http://www.agritempo.gov.br/>

(acesso em: 24 ago. 2012)

<http://www.astro.iag.usp.br/>

(acesso em: 18 nov. 2012)

<http://www.cosmobrain.com.br/>

(acesso em: 07 ago. 2013)

<http://www.cptec.inpe.br/>

(acesso em: 26 maio 2013)

<http://www.iag.usp.br/astrologia/>

(acesso em: 09 jul. 2013)

<http://www.ibge.gov.br/home/>

(acesso em: 06 ago. 2013)

<http://www.iesa.ufg.br/>

(acesso em: 27 ago. 2013)

<http://www.inmet.gov.br/>

(acesso em: 27 set. 2013)

<http://www.inpe.br/>

(acesso em: 26 maio 2013)

<http://www.oba.org.br/>

(acesso em: 05 mar. 2012)

<http://www.planetario.ufg.br/>

(acesso em: 11 jun. 2012)

<http://www.ronaldomourao.com/>

(acesso em: 07 ago. 2013)

<http://www.silvestre.eng.br/astronomia/>

(acesso em: 25 maio 2013)

<http://www.skymaps.com/>

(acesso em: 11 jun. 2012)

<http://www.sulear.com.br/>

(acesso em: 03 nov. 2012)

<http://www2.planalto.gov.br/presidencia/ministros/ministerios>

(acesso em: 22 ago. 2013)

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE CONHECIMENTO PRÉVIO**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
**INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS**  
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia

Senhor(a) Aluno(a):

Estamos realizando uma pesquisa cujo tema é *O Uso do Planetário da UFG para o Ensino das Estações do Ano*. Os dados irão subsidiar uma dissertação de Mestrado em Geografia, a ser desenvolvida no Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG), sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira. A identificação dos alunos investigados nesta pesquisa não será divulgada em hipótese alguma. Para tanto, gostaríamos de contar com a preciosa colaboração de V. Sa. e agradecemos antecipadamente sua participação.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Paulo H. A. Sobreira  
Orientador

Prof. Fernando R. J. Alves  
Mestrando

– Assinale sempre a alternativa *correta* nas questões abaixo –

Questão 01. Onde, em que horário e mês, uma pessoa não terá sombra? (ou sua sombra desaparecerá sobre seus pés)

- (A) No deserto do Saara, por volta do meio-dia, em qualquer mês
- (B) Na linha do Equador, por volta do meio-dia, em janeiro
- (C) No trópico de Capricórnio, por volta do meio-dia, em dezembro
- (D) No trópico de Câncer, por volta do meio-dia, em dezembro

Questão 02. O que é o “Sol da meia-noite”?

- (A) Uma lenda folclórica
- (B) O Sol que se põe à meia-noite
- (C) Um horário noturno em que podemos ver o Sol
- (D) O Sol que nasce à meia-noite

Questão 03. Considerando um observador de frente para o Leste, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Dezembro?

- (A) À esquerda (ou ao norte) do ponto cardinal Leste
- (B) À direita (ou ao sul) do ponto cardinal Leste
- (C) No ponto cardinal Leste
- (D) No ponto cardinal Oeste

Questão 04. Considerando um observador de frente para o Norte, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 23 de Setembro?

- (A) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (B) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (C) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (D) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste

Questão 05. Considerando um observador de frente para o Sul, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Março?

- (A) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (B) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (C) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (D) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE CONHECIMENTO  
POSTERIOR À AULA**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
**INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS**  
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia

Senhor(a) Aluno(a):

Estamos realizando uma pesquisa cujo tema é *O Uso do Planetário da UFG para o Ensino das Estações do Ano*. Os dados irão subsidiar uma dissertação de Mestrado em Geografia, a ser desenvolvida no Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG), sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Azevedo Sobreira. A identificação dos alunos investigados nesta pesquisa não será divulgada em hipótese alguma. Para tanto, gostaríamos de contar com a preciosa colaboração de V. Sa. e agradecemos antecipadamente sua participação.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Paulo H. A. Sobreira  
Orientador

Prof. Fernando R. J. Alves  
Mestrando

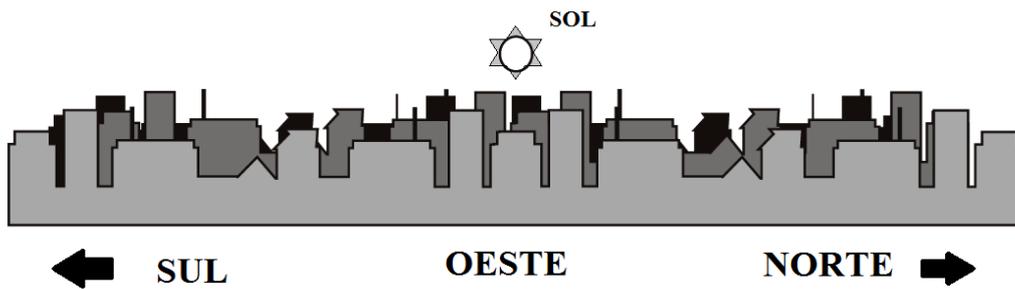
– Assinale sempre a alternativa *correta* nas questões abaixo –

Questão 01. Em Goiânia/GO, quando é que uma haste vertical de uma bandeira não produz nenhuma sombra devido ao Sol estar incidindo diretamente sobre a haste?

- (A) Todos os dias, ao meio-dia
- (B) Em meados do mês de novembro ou no início do mês de fevereiro
- (C) O primeiro dia da primavera ou o primeiro dia do outono
- (D) Somente o primeiro dia do verão

Questão 02. Em 22 de Setembro, aproximadamente, o Sol oculta-se diretamente no oeste, como mostra o diagrama a seguir. Onde aparentaria se ocultar duas semanas depois?

- (A) Mais para o Sul
- (B) Na mesma posição, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (C) Mais para o Norte
- (D) No ponto cardinal Leste



Questão 03. Qual é a verdadeira causa do “Sol da meia-noite”?

- (A) O movimento de translação do planeta Terra associado aos Equinócios
- (B) A inclinação do eixo terrestre associado ao movimento de Precessão
- (C) A rotação do eixo terrestre associado ao alinhamento do Eclipse Solar
- (D) A inclinação do eixo terrestre associado ao posicionamento de Solstício de Verão

Questão 04. Com o passar dos meses a duração do dia (horas com luz solar), geralmente, é diferente da duração da noite (horas sem a luz solar). Em linhas gerais, isso é devido

- (A) Ao fenômeno das marés
- (B) Ao movimento de rotação da Terra
- (C) Ao movimento de translação da Terra
- (D) À trajetória anual aparente do Sol no céu ser variável

Questão 05. Considerando um observador de frente para o Leste, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Dezembro?

- (A) À esquerda (ou ao Norte) do ponto cardinal Leste
- (B) À direita (ou ao Sul) do ponto cardinal Leste
- (C) No ponto cardinal Leste
- (D) No ponto cardinal Oeste

Questão 06. Considerando um observador de frente para o Norte, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 23 de Setembro?

- (A) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (B) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (C) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (D) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste

Questão 07. Considerando um observador de frente para o Sul, em Goiânia/GO, em qual posição aproximada o Sol nascerá no horizonte em 21 de Março?

- (A) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Leste
- (B) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (C) No lado direito do observador, isto é, no ponto cardinal Oeste
- (D) No lado esquerdo do observador, isto é, no ponto cardinal Leste

**APÊNDICE C – GABARITO DOS QUESTIONÁRIOS**

<b>Questionário Prévio</b>						
<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>		
<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>D</b>		
<b>Questionário Posterior</b>						
<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>
<b>B</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>D</b>

## APÊNDICE D – TRANSCRIÇÃO DA AULA NA CÚPULA DO PLANETÁRIO DA UFG

*“Bom, então a ideia agora é a gente conversar aqui dentro sobre os conceitos que tem valor para a Cartografia, é esse o combinado. Então, o que nós vamos fazer aqui é escurecer a sala para que a gente já possa enxergar algumas coisas aqui interessantes. Bom, eu coloquei um dispositivo aí no planetário que eu substituo a projeção de constelações por sistema de coordenadas geográficas, que já estão aparecendo por aí [...].*

*Então, o que vocês estão vendo por aí é a nossa projeção de sistemas de polos celestes e também sistemas de coordenadas. Este que está pontilhado ignorem, porque ele é chamado sistema de coordenadas da eclíptica, não é esse que interessa para nós o que interessa é o que está todo cheio, contínuo que é um sistema equatorial de referências, é ele que equivale ao nosso sistema de coordenadas geográficas [...].*

*O que a gente vê aqui no céu projetado aproximadamente a posição do equador celeste, por aqui assim, no sul a gente vê o polo celeste sul, do outro lado a gente percebe que, de Goiânia, latitude de  $16^{\circ} 30' S$ , o polo celeste norte está abaixo do horizonte, a gente não vê. Agora, no entanto se eu mexo na latitude, olha aqui, eu posso fazer com que o polo celeste sul ele baixe até chegar no horizonte e conforme um abaixa o outro levanta, olha lá os dois estão no horizonte praticamente, então aqui é a situação em que nós estamos no equador terrestre, latitude  $0^{\circ}$ . Então, a gente nota aqui que o equador celeste está bem em pezinho no céu. Se a gente avança para o hemisfério geográfico norte, então cada vez mais o polo celeste norte fica mais alto [...].*

*Bom, então vejam agora que o polo celeste sul está abaixo do horizonte e o polo celeste norte está acima do horizonte. Bom, e o que nós temos aqui também são os sistemas de meridianos e paralelos, então vocês vejam que os meridianos passam a partir do polo celeste, eles estão passando aqui de um polo ao outro, e temos os paralelos ao equador e aí, é claro, que cada intersecção desses pontos nós temos corretamente quais são as coordenadas e qualquer outra intermediária nós teremos que calcular, coisa que nós faremos daqui a pouquinho.*

*Bom, vamos voltar aqui para a latitude de Goiânia e é claro que tudo isso aqui gira né! É como se fosse um carrossel aí com o céu girando. Então, espero que tenha ficado claro*

agora o nosso sistema aí de coordenadas com o uso de meridianos e paralelos. Muito bem, isso é o que eu queria mostrar aqui pra vocês.

Agora nós vamos nos ater com relação aqui aos pontos cardeais e ao Sol, então vou colocar aqui um pouquinho de nuvens para não ficar tão escuro, vou tirar aqui o sistema de coordenadas [...]. Bom, espero que vocês estejam vendo aí os quatro pontos cardeais, estão vendo? O N de norte, o S de sul, o L de leste [...] e O de oeste.

Bom, então o que nós temos aqui, a situação é a seguinte: o caminho aparente do Sol no céu é a eclíptica que é isso que está marcado aqui, esse arco aqui no céu que está desenhado aqui pra nós, então a gente vê aqui que cada algarismo romano desse aqui significa um mês e dentro desse mês está subdividido aqui os dias, então o que acontece é que o Sol ele desfila pelo céu ao longo do ano, então quando eu coloco, por exemplo, o equador aqui projetado então nós já vemos que tem um ponto de intersecção.

Olha só! E vocês conseguem precisar pra mim a data, olhando aqui pelo pontilhado? Qual é a data em que há essa intersecção aqui? [cálculo da data] 23 de Setembro tem isso daí, que a gente chama de equinócio é quando começa para nós a primavera no hemisfério sul, tá certo?! Então, é o equinócio de setembro e começa o outono no hemisfério norte.

Agora veja que interessante: o Sol ele vem aqui longe do equador, aí ele vem cruza o equador e depois ele passa para o hemisfério celeste sul e continua se afastando do equador celeste e aí os meses passam né, mês dez, mês onze, mês doze, no mês doze, aqui no dia 22 de dezembro, é o máximo afastamento que o Sol tem do equador, aqui é chamado então de solstício, solstício de dezembro. Para nós aqui do hemisfério sul é o solstício de verão. Para o hemisfério norte é solstício de inverno.

Bom, e aqui continua e vocês vejam que o Sol vai novamente se aproximando do equador [...] 21 de Março ele cruza o equador novamente aí ele passa para o hemisfério celeste norte e novamente ele se afasta e aqui no mês quatro, mês cinco, mês seis, que é junho, quando chegarmos aqui no dia 21 de junho, também é o máximo afastamento que o Sol tem do equador em direção ao Norte. Então veja que interessante né, o quanto que o Sol se desloca.

Vou ligar aqui o meridiano local e vamos colocar ali o dia 21 de junho no meridiano, pronto! [...] Aqui nesse meridiano tem graus em que eu posso fazer medidas aí no

*céu [contagem dos graus]. Portanto, o máximo afastamento que o Sol atinge do equador é 23,5°. Isso para o norte. E isso vai coincidir com a projeção do trópico de câncer [...] e dezembro, dia 22 de dezembro, [contagem dos graus] também do equador para o sul, que é na data de 22 de dezembro, também o Sol alcança 23,5°. Esta também é a posição aproximada do Sol no trópico de capricórnio [...] para o hemisfério sul.*

*Então, esse movimento que o Sol aparentemente faz no céu, que é o caminho aparente dele – a eclíptica, marca pra nós esse divisor. Então, nós temos o equador e temos a eclíptica. Os trópicos sempre estão paralelos ao equador, um aqui no hemisfério norte e outro aqui para o hemisfério sul. Então, ele passa aqui ó encostando na data do dia 22 de dezembro. É aproximadamente o caminho que o Sol faz no céu. Vou colocar agora o Sol desfilando por isso tudo aqui para a gente ter uma ideia. Olha, vejam só [...] voltando ali o Sol olhando ali no horizonte, nota que o Sol nasce bem no ponto cardeal leste na data que ele está no equinócio de 21 de março.*

*Por que chama equinócio? ‘Equi’ é igual, ‘nócio’ é noite - dia e noite [de] iguais durações. Então, o que acontece aqui é que o Sol vai fazer um percurso no céu nesse dia em cima do equador. Olha só, vou apagar a eclíptica e fazer o Sol desfilar aqui ó, olha lá. Pronto, ele fica em cima do equador o que significa que ele está no meio do céu. Qualquer lugar do planeta Terra vai receber 12 horas de luz e terá uma noite também com 12 horas de escuridão. Então, assim como o Sol nasceu no ponto cardeal leste ele vai se pôr aqui exatamente no ponto cardeal oeste.*

*Mas, atenção! Essas datas de equinócio, o equinócio de 21 de março e 23 de setembro, são as únicas datas em que o Sol nasce e se põe nos pontos cardiais. Opa! Isso eu não sabia, é? Então vamos dar uma olhadinha aqui. Vou voltar o Sol lá para o leste, vou agora acender a eclíptica e vou fazer agora uma ‘mágica’, mostrar o movimento do Sol lá no horizonte leste ao longo de todo ano.*

*Pra gente ter alguma referência ali de horizonte, eu vou acender um pouquinho dos prédios de Goiânia, bem de ‘levinho’, pra gente ter uma ideia do deslocamento do Sol ali no horizonte. Então, vejam que no [dia] 21 de março o Sol nasce ali junto do ponto cardeal leste, né! Bom, vou apagar a eclíptica, vou apagar o equador e agora eu vou me calar e vou apenas mostrar o movimento para vocês, porque eu preciso usar as duas mãos. Então, fiquem de olho no que vai acontecer no movimento do Sol ao longo do ano [demonstração do movimento].*

*Bom, espero que vocês tenham notado que o Sol avançou mais para o norte, voltou, passou novamente aqui pelo ponto cardeal leste e foi para o sul, voltou e veio novamente para o ponto cardeal leste, ok? [...] Bom, agora o que vou fazer é o seguinte: vou manter o equador aqui aceso como referência e agora eu vou repetir esse movimento pra vocês com o equador e a eclíptica acesa [nova demonstração do mesmo movimento].*

*Bom, agora vocês tiveram a chance de ver o Sol se deslocando aí ao longo do ano. Perceberam bem, como que é? Então, notem que não é correto a gente dizer que o Sol nasce no ponto cardeal leste todos os dias. Não é correto dizer que o Sol se põe no ponto cardeal oeste todos os dias. O correto é dizer que o Sol nasce no lado leste, o correto é dizer que o Sol se põe no lado oeste, pois vocês viram o quanto que ele varia. E aqui nós vimos no caso de Goiânia que é intertropical, portanto a gente vê essa variação do Sol que são 23,5° para o Sul com mais uns 23,5° para o Norte e tem mais um probleminha da curvatura da Terra que vai dar aí quase uns 50° de deslocamento.*

*Bom, outra curiosidade é que quando o Sol avança, por exemplo, pra junho, eu vou colocar ele aqui, por exemplo, se eu acender o meridiano [...] vou colocar ele ali em junho, dia 21 de junho, veja como ele fica cada vez mais para o norte. [...] Olha só, vocês vejam aqui no dia 21 de junho que o Sol nasce bem para os lados do norte e depois o percurso que ele faz no céu é um percurso paralelo ao equador, mas é um arco curto, olha lá, passou pelo meridiano ao meio-dia bem deslocado para o norte e depois ele se esconde para o oeste. Então isso significa que no dia 21 de junho, solstício de inverno para nós aqui em Goiânia, o Sol faz um percurso curto no céu, um percurso que dura apenas perto de 11 horas e a noite o Sol fica abaixo do horizonte e, olha só, vai demorar pra ele retornar, a noite é longa é uma noite que dura perto de 13 horas.*

*Então no solstício de inverno, a noite é mais longa do que o dia [...] enquanto que, vamos avançar agora o Sol pra dezembro, [...] lá pelo dia 22 de dezembro [...] nesse dia o Sol ele nasce mais para o sul e o percurso que ele faz no céu, paralelo ao equador aqui em Goiânia, veja que é um percurso mais longo, ele nem passa, aqui em Goiânia, nesse caso, ao meio dia pelo alto do céu, o alto do céu é aqui ó 90°, veja que ele já passou [...]. É o dia mais longo do ano, o início do verão. O Sol fica perto de 13 horas acima do horizonte e abaixo do horizonte ele fica menos tempo, ele fica perto de 11 horas. Então, o solstício é quando a gente tem o dia mais longo e a noite mais curta no verão, dezembro [...].*

*Bom, agora vamos colocar o Sol lá no alto para vocês verem quando é que o Sol, em Goiânia, passa no alto do céu, no pico lá no alto. Bom, vamos ligar aqui a eclíptica, então, agora eu vou fazer esse movimento que eu fiz no horizonte só que agora lá no alto, observem [demonstração do movimento]. Bom, aqui nós estamos entre janeiro e fevereiro [cálculo da data], 02 de fevereiro é quando o Sol passa pelo zênite na cidade de Goiânia. Vamos ver de novo quando ele tornará a passar [nova demonstração do movimento]. Estamos no mês 11, novembro, [cálculo da data] metade de novembro. Então, no começo de fevereiro e em novembro que o Sol passa pelo zênite na cidade de Goiânia. Então, nós temos uma situação que o Sol passa duas vezes aqui.*

*Agora tem a questão do círculo polar. [...] Vou acender aqui o polo celeste sul, olha só, eu acendi aqui uma 'bolinha' e, portanto, essa bolinha ela marca para nós a latitude de Goiânia, 16°. [...] A ideia agora é a gente avançar para o sul ou para o norte, mas nesse caso é mais interessante avançar para o norte para a gente ver o Sol da meia-noite lá no norte, o famoso Sol da meia-noite. O que é isso? [...]*

*Vamos dar uma chegadoinha rápida no polo sul. Para chegar lá no polo sul é esperar que esse polo celeste chegue aqui no 90°, quando ele chegar no 90° é porque nós estaremos no polo geográfico sul. E, portanto, o equador vai coincidir com o horizonte também, essa é outra curiosidade. Pronto! Então está lá no alto do céu o polo celeste sul e agora eu tenho que fazer uma coisa curiosa, eu tenho que apagar os pontos cardeais porque aqui não tem pontos cardeais. Eu vou apagar também o meridiano. Então, o que acontece?*

*O equador coincide com o horizonte, mas vocês veem a órbita aparente que o Sol faz no céu. Olha só, ele fica acima do horizonte desde 23 de setembro, passa o mês de outubro, novembro, dezembro – aliás [dia] 22 de dezembro é a maior altura que o Sol fica do horizonte –, depois janeiro, fevereiro, março, 21 de março, ele volta a se esconder, vocês já sabiam que existe o grande dia polar que dura seis meses. De setembro até março dá seis meses. Então, o Sol fica seis meses no céu e aí cada dia que passa, o Sol faz isso daqui [demonstração do movimento aparente do Sol na Antártida] ele se movimenta paralelo ao horizonte, é essa coisa louca lá na Antártida. [...] Veja que lá no alto tem o polo celeste sul, ele é exatamente a projeção do eixo de rotação da Terra. E ao longo do ano? [nova demonstração do movimento aparente do Sol na Antártida]*

*Então, agora nós vamos nos direcionar para o polo geográfico norte, mas só que, claro, no meio do caminho nós vamos parar lá no círculo polar ártico pra a gente ver o Sol*

*da meia-noite lá, e a latitude lá é 66,5° [...]. Vou colocar o Sol mais alto, colocar o Sol ali no meio-dia para a gente ter o controle legal da posição dele. Aqui é o Sol em março, aqui nós estamos passando por Goiânia e agora nós vamos avançar em direção a região do norte [movimento de mudança na latitude].*

*Aqui por volta de 63° eu vou dar uma paradinha para a gente garantir o fenômeno do Sol da meia-noite. [...] vou ligar os pontos cardeais e agora o que eu tenho que fazer é colocar o Sol em junho, que é quando acontece o solstício de verão no hemisfério norte e o solstício de inverno no hemisfério sul. Olhe, notem como ele fica cada vez mais alto aqui no círculo polar [demonstração do movimento aparente do Sol no Ártico]. Chegamos em 21 de junho, pronto! Agora eu vou apagar o equador, [...] apago também a eclíptica e deixo só o meridiano. Esse é o meio-dia no círculo polar ártico.*

*Bom, e o Sol da meia-noite? Bom, as horas passam e o Sol vai se deslocando, vou apagar o meridiano e deixar só os pontos cardeais acesos, agora o Sol já está no período da tarde, passando para o período da noite e veja que ele está acima do horizonte. Agora já deve ser perto de 22 horas [...] então, olha o que vai acontecer à meia-noite: o Sol passa no ponto cardeal norte, estão vendo ali? [...] Então, ele não se esconde, ele tangencia o horizonte [...] e agora ele volta a ficar alto no céu. E lembrando aqui o meridiano ó, quando ele passar o meridiano de novo é meio-dia. Esse é o Sol da meia-noite! Então, ele faz aqui um movimento paralelo ao círculo polar ártico. Ele está sobre o trópico de câncer. Vou acender de novo aquelas coordenadas geográficas para vocês verem. Então, a situação é que o polo celeste norte está alto lá no céu e o movimento que o Sol faz aqui no céu é praticamente no trópico de câncer e o círculo polar é paralelo a ele, mas é a latitude que nós estamos, está projetado aqui. Então, esse é o Sol da meia-noite!*

*Ok, então, voltando aqui para Goiânia, [...] vou acender aqui um pouquinho de luzes para que a gente possa novamente ver a luz e encerrar aqui, então, pelo menos essa parte prática aqui dentro. [...] Agora, só uma coisa que eu queria chamar a atenção enquanto vai clareando [acendendo as luzes da cúpula]: por que do nome solstício? E o trópico? Vejam só, no solstício vocês viram o Sol se deslocar no horizonte, não foi? Então, o que acontece? Tem um momento que o Sol ele chega mais para o sul e ele parece parar e depois ele muda a direção vai para o norte e parece parar de novo e muda a direção e vem pra cá, não foi isso que vocês viram?*

*Bom, solstício é uma palavra latina que significa ‘Sol parado’ [...]. Então é a data em que aparentemente o Sol dá uma paradinha no céu, dá uma paradinha no movimento. E trópico? Trópico é uma palavra grega que significa ‘ponto de virada’, é a mesma coisa que o latim fala. Solstício é o ‘Sol parado’, trópico é uma palavra grega, significa ‘ponto de virada’. O Sol estava ali paradinho e ele muda o sentido dele. Por isso tem o trópico do capricórnio, ou do bode, e o trópico do caranguejo, ou do câncer, que aparentemente são na frente dessas constelações que o Sol faz essa inversão do movimento, está bom? Então, daí é que vieram esses nomes todos. Espero que hoje tenha ficado claro para vocês os trópicos, os círculos polares e os solstícios.”*

## ANEXO A – DESENHO ESQUEMÁTICO DO PROJETOR ZEISS SPACEMASTER

