



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS EXATAS**

**O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DO USO DE
FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS: Um estudo de caso
com o PROEJA**

Jefferson Oliveira do Nascimento

Lajeado-RS, 25 Setembro de 2015

Jefferson Oliveira do Nascimento

**O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS:
Um estudo de caso com o PROEJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa de Novas Tecnologias, Recursos e Materiais Didáticos para o Ensino de Ciências Exatas.

Orientador: Prof. Dr. Italo Gabriel Neide.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Sônia Elisa Marchi Gonzatti.

Lajeado-RS, 25 de Setembro de 2015

**O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS:
Um estudo de caso com o PROEJA**

Jefferson Oliveira do Nascimento

A banca examinadora _____ a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências Exatas.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide – Orientador - Centro Universitário UNIVATES

Prof^a.Dr^a. Sônia Elisa Marchi Gonzatti – Coorientadora - Centro Universitário UNIVATES

Prof^a.Dr^a. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt – Centro Universitário UNIVATES

Prof^a. Dr^a. Marli Teresinha Quartieri - Centro Universitário UNIVATES

Prof^a. Dr^a. Daniela Borges Pavani – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - (UFRGS)

Lajeado-RS, 25 setembro de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais e irmãos, especialmente a minha mãe Rita, por ter suportado a distância nos períodos ausentes de Belém/PA, no desenvolvimento e escrita desta. A todos os meus, agora, ex-alunos do PROEJA, que participaram da pesquisa. Por último, dedico a todos os profissionais das áreas de Ensino e de Educação que não medem esforços para muitas vezes oferecerem o que nunca tiveram, um processo de ensino e de aprendizagem com dignidade e respeito.

Jefferson Oliveira do Nascimento

Setembro/2015

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida e por me fazer capaz de enfrentar os obstáculos impostos durante o curso, permitindo-me ao fim a conclusão do Mestrado.

Aos meus amados pais que sempre me apoiaram de todas as formas e souberam conviver com as minhas ausências.

A toda a minha família, que aceitou e administrou as minhas ausências.

Ao Centro Universitário UNIVATES pelo ensino e compartilhamento de experiências.

Ao Prof. Dr. Italo Gabriel Neide pela orientação e a Profa. Dra. Sonia Maria Marchi Gonzatti pela coorientação nesta dissertação.

A todos os meus professores e professoras do Mestrado pelos conhecimentos e trocas de experiências: Andreia, Angélica, Eniz, Ieda, Italo, Márcia, Madalena, Marli, Rogério, Rui, Silvana e Sônia.

A professora Dra. Daniela Pavani (UFRGS) pelo aceite na composição da Banca de Dissertação, como membro externo.

As professoras Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt (UNIVATES) e Dra. Marli Teresinha Quartieri (UNIVATES) pelo aceite na composição da Banca de Dissertação, como membros internos.

Ao prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito pela ajuda nos momentos difíceis em Belém/PA.

Ao prof. Dr. José Maria Filardo Bassalo, um dos Físicos teórico (Professor titular aposentado da UFPA) que conheço e tive a honra de ser aluno, que muito me ensinou ao decorrer do curso de graduação e me aconselhou durante a pós.

A minha sempre amiga Profa. Flora Cristine Scantlebury, a minha ex-diretora e sempre amiga Profa. Marcilene Salles e a Profa. Lysa Danyelle Lima com contribuições diretas e fundamentais para a realização do Mestrado.

Aos meus ex-alunos da Educação Profissional, em especial aos do PROEJA, que me ensinaram muito com suas experiências.

Aos amigos de Salvador/BA Julie Miranda, Hernane Pereira, Marcelo Moret, Camila Guizzo, pela ajuda e compreensão nos momentos difíceis e finais de conclusão do Mestrado.

Aos amigos do Mestrado da UNIVATES e do Estado do Rio Grande do Sul, em especial ao Alexandre Ross, por toda ajuda e companheirismo durante o curso.

Ao Estado do Rio Grande do Sul, que aprendi a admirar e viver sua cultura.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento desta Dissertação.

O meu mais profundo e sincero OBRIGADO a todos.

Jefferson Oliveira do Nascimento

Outro mundo não é possível, é necessário!

(Leonardo Boff, 2009)

RESUMO

A Física é uma disciplina de fundamental importância no ensino médio regular, na educação profissional e em muitos currículos em nível superior. Contudo, devido à abordagem pedagógica com que é apresentada para os alunos, o resultado muitas vezes corresponde ao não aprendizado significativo, com reprovações e evasões do ambiente de aprendizagem. Em nossa prática profissional em nível superior, percebemos que os discentes provenientes da educação básica apresentavam concepções equivocadas em relação aos conhecimentos físicos relacionados à temática de Terra como um corpo cósmico e, conseqüentemente, ao fenômeno das estações do ano. Este fato suscitou o desenvolvimento desta pesquisa com alunos do PROEJA, com o objetivo de identificar indícios de aprendizagem significativa, dos conteúdos relacionados à Terra como um corpo cósmico e estações do ano, pelos discentes, por meio de uma proposta metodológica que utiliza ferramentas tecnológicas. As ferramentas escolhidas foram a modelagem e a simulação computacional, utilizadas em um estudo de caso, por meio de uma intervenção pedagógica. A coleta de dados ocorreu por meio de um pré e pós-teste (ambos com questões abertas e fechadas) e, questionários durante as aulas com as ferramentas tecnológicas (todos com questões abertas). Também foram utilizadas gravações de áudio, entrevistas e um diário de campo. O alicerce teórico cognitivo que norteia esta pesquisa corresponde a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A pesquisa indicou uma mudança conceitual em relação aos conhecimentos dos alunos nas temáticas de Terra como um corpo cósmico e estações do ano. Estes resultados direcionam para a possibilidade da metodologia de ensino proposta, ter atuado como material potencialmente significativo.

Palavras-chave: Ensino de Física, Terra como um corpo cósmico, Estações do ano, Ferramentas Tecnológicas, PROEJA.

ABSTRACT

Physics is a subject of fundamental importance, whether in regular high school, in professional education or in many undergraduate curricula. But due to the pedagogical approach that is presented to students, the achieved results often are not a meaningful learning, with school failure and evasion from the classroom. In our professional practice, we realize that the students in these grade levels had misconceptions in relation to physical knowledge related to the phenomenon of the seasons. This fact motivated the development of this research with PROEJA students, in order to identify whether there is evidence of meaningful learning of the content by the students in the teaching of physics through the use of technological tools. The chosen technological tools were the modeling and computer simulation, used in a case study, through a pedagogical intervention. Cognitive theoretical foundation that guides this research is grounded in the theory of Meaningful Learning David Ausubel. The aim of verifying evidence of meaningful learning through these tools in teaching physics has been reached, indicating the possibility that modeling and computer simulation can be characterized as potentially significant technology tools.

Keywords: Teaching Physics, Earth as a cosmic body, Seasons of the Year, Technology Tools, PROEJA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As três fases do processo de assimilação: assimilação, retenção e assimilação obliteradora	26
Figura 2 - Terra como um corpo cósmico para o estudo das estações do ano.....	30
Figura 3 - Elipsoide	33
Figura 4 - Comparação entre o esferoide oblato com a esfera de melhor ajuste (ilustração fora de escala)	33
Figura 5 – Latitude e longitude em modelo de Terra esférica	35
Figura 6 - Representação de uma elipse	43
Figura 7 - Elipse com as coordenadas dos focos e vértices.....	44
Figura 8 - Elipse com as coordenadas transladadas	44
Figura 9 - Trajetórias elípticas dos planetas ao redor do Sol	45
Figura 10 - Elipse com alto valor de excentricidade, cerca de 0,568	46
Figura 11 - Variação da insolação devido a variação da posição do Sol	48
Figura 12 – Posição aparente do Sol no Solstício de junho, em diferentes latitudes.....	50
Figura 13 - Posição aparente do Sol no solstício de dezembro	51
Figura 14 - Posição aparente do Sol para os equinócios os solstícios.....	52
Figura 15 - Resposta do aluno A6 em relação ao nível 1	80
Figura 16 - Resposta do aluno A14 em relação ao nível 1	80
Figura 17 - Resposta do aluno A27 em relação ao nível 1	81
Figura 18 - Resposta do aluno A2 correspondente ao nível 2.....	82
Figura 19 - Resposta do aluno A4 correspondente ao nível 2.....	82
Figura 20 - Resposta do aluno A28 correspondente ao nível 2.....	83
Figura 21 - Resposta do aluno A10 correspondente ao nível 3.....	84
Figura 22 - Respostas do aluno A28, copo vazio e com água, correspondendo ao nível 2.....	86
Figura 23 - Respostas do aluno A16, copo vazio e com água, correspondente ao nível 2.....	86
Figura 24 - Respostas do aluno A26, copo vazio e com água, correspondente ao nível 2.....	87
Figura 25 - Respostas do aluno A18, copo vazio e com água, correspondente ao nível 1.....	88
Figura 26 - Respostas do aluno A20 e A10, correspondentes ao nível 1	91
Figura 27 - Respostas dos alunos A19 e A13, correspondentes ao nível 2.....	92
Figura 28 - Respostas do aluno A18, correspondentes ao nível 3	93

Figura 29 - Caracterização das estações do ano pelo aluno A4	100
Figura 30 - Caracterização das estações pelo aluno A28	101
Figura 31 - Caracterização do verão pelo aluno A9.....	102
Figura 32 - Modelos de Terra esférica	109
Figura 33 - Simulador de Longitude e Latitude	111
Figura 34 - <i>Software Gravity Force Lab</i>	115
Figura 35 - Modelagem para Força Gravitacional em função do produto das massas	116
Figura 36 - Modelagem para Força Gravitacional em função da distância entre corpos	116
Figura 37 - Resposta apresentada pelo aluno A16.....	117
Figura 38 - Resposta apresentada pelo aluno A24.....	117
Figura 39 - Resposta apresentada pelo aluno A4.....	118
Figura 40 - Resposta apresentada pelo aluno A23.....	118
Figura 41 - Resposta apresentada pelo aluno A11	119
Figura 42 - Resposta apresentada pelo aluno A17	119
Figura 43 - Resposta do aluno A4.....	120
Figura 44 - Resposta do aluno A21	120
Figura 45 - Modelagem da variação da aceleração gravitacional com a altitude	121
Figura 46 - Segunda planilha de Modelagem da variação gravitacional com a altitude.....	122
Figura 47 - Fotos dos alunos utilizando o roteiro para a modelagem computacional	122
Figura 48 - Respostas do aluno A24.....	123
Figura 49 - Planilha de modelagem computacional para o estudo de massa e peso	124
Figura 50 - Respostas do aluno A14 referente as questões de 1 a 3.....	124
Figura 51 - Respostas do aluno A2 em relação a quarta questão.....	126
Figura 52 - Simulação do Pêndulo de Foucault disponível no site da Universidade de Nantes – França	128
Figura 53 - Alunos no laboratório de informática executando o <i>software My Solar System</i>	128
Figura 54 - Diferentes trajetórias elípticas de planetas orbitando o Sol	132
Figura 55 - Resposta dos Alunos A16 e A21	134
Figura 56 - Resposta dos Alunos A16 e A21	134
Figura 57 - Elipse com baixo valor de excentricidade	137

Figura 58 - Elipse com excentricidade igual a 0,08	138
Figura 59 - Elipse com excentricidade de 0,7	138
Figura 60 - Valores inseridos no modelo computacional	139
Figura 61 - Modelagem computacional para o estudo das estações do ano	140
Figura 62 - A modelagem computacional com o <i>Software Modellus</i> após um ciclo.....	140
Figura 63 - Modelo experimental para o estudo das estações do ano	141
Figura 64 - Modelagem computacional do equinócio de março	142
Figura 65 - Modelagem do solstício de junho	143
Figura 66 - Respostas dos alunos A4 e A6.....	144
Figura 67 - Respostas do aluno A3 e A15	145
Figura 68 - Resposta do aluno A3.....	145
Figura 69 - Resposta dos alunos A2, A24 e A30	148
Figura 70 - Resposta do Aluno A2	149
Figura 71 - Resposta do aluno A4.....	149
Figura 72 - Resposta do ao aluno A30	149
Figura 73 - Respostas dos alunos A3, A24 e A30	151
Figura 74 - Resposta do aluno A9, caracterizada como nível 3	155
Figura 75 - Resposta do aluno A15, caracterizada como nível 2	156
Figura 76 - Resposta do aluno A25, caracterizada como nível 1	157
Figura 77 - Resposta do aluno A13, caracterizada como nível 3	159
Figura 78 - Resposta do aluno A26, caracterizada como Nível 2, no pós-teste.....	161
Figura 79 - Resposta do aluno A9 caracterizada como nível 1, no pós-teste	162
Figura 80 - Respostas dos alunos A2, A12 e A9	166
Figura 81 - Figura utilizada na sexta questão em relação as estações do ano.....	167
Figura 82 - Diagrama de <i>Venn</i> do agrupamento de respostas dos alunos	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores dos raios médios, excentricidades e períodos dos planetas do sistema solar	46
Quadro 2 - Procedimentos iniciais realizados na pesquisa	75
Quadro 3 - Descrição das atividades de simulação e modelagem computacional	76
Quadro 4 - Explicações referente a alternativa correta	94
Quadro 5 - Explicações referente a alternativa A	95
Quadro 6 - Explicações de alguns alunos, sobre o motivo das diferentes temperaturas, em Belém e Porto alegre, em Julho.....	103
Quadro 7 - Explicações referente a segunda fase da sexta questão - 2.....	104

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Respostas dos alunos, conforme os níveis de concepções da questão 2	85
Gráfico 2 - Respostas dos alunos em relação ao túnel vertical.....	89
Gráfico 3 - Respostas dos alunos em relação ao túnel horizontal.....	89
Gráfico 4 - Respostas dos alunos em relação ao túnel horizontal.....	90
Gráfico 5 - Respostas dos alunos em relação a alternativa C.....	94
Gráfico 6 - Respostas dos alunos em relação a forma da trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol	97
Gráfico 7 - Estações do ano caracterizadas conforme níveis de concepções dos alunos.....	99
Gráfico 8 - Respostas dos alunos em relação a causa das estações do ano	105
Gráfico 9 - Desempenho dos alunos na primeira questão do pós-teste.....	158
Gráfico 10 - Desempenho dos alunos em relação a segunda questão do pós-teste	163
Gráfico 11 - Desempenho dos alunos em relação a terceira questão do pós-teste.....	164
Gráfico 12 - Desempenho dos alunos em relação a quarta questão do pós-teste.....	166
Gráfico 13 - Desempenho dos alunos em relação a sexta questão do pós-teste	169
Gráfico 14 - Desempenho dos alunos em relação a segunda parte da sexta questão	173

LISTAS DE SIGLAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

PROEJA - Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de educação de jovens e adultos.

PHET - Projeto *Physics Educacional Technology*.

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

PPP – Projeto Político Pedagógico.

TIC - Tecnologia de Informação e da Comunicação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	21
2.2. TERRA COMO UM CORPO CÓSMICO	28
2.2.1. TERRA ESFÉRICA.....	31
2.2.2. A FORMA E O CAMPO DE GRAVIDADE DA TERRA	32
2.2.3. LATITUDE E LONGITUDE	35
2.2.4. LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	36
2.2.5. MASSA, PESO E ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE	38
2.2.6. FENÔMENOS DA ROTAÇÃO E TRANSLAÇÃO.....	40
2.2.7. FENÔMENOS DOS DIAS E DAS NOITES.....	42
2.2.8. LEIS DE KEPLER	42
2.2.9. INSOLAÇÃO SOLAR	47
2.2.10. AS ESTAÇÕES DO ANO	48
2.3. FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA	55
2.3.1. RECURSOS COMPUTACIONAIS SELECIONADOS PARA A ABORDAGEM DAS ESTAÇÕES DO ANO	57
2.4. O PROEJA	63
2.5. REVISÃO DA LITERATURA	65
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	69
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	69
3.2. CAMPO DE INVESTIGAÇÃO E OS SUJEITOS DA PESQUISA	71
4. ANÁLISE DOS DADOS	78
4.1. ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS	78
4.2. DESCRIÇÃO DAS AULAS TEÓRICAS E DAS ATIVIDADES UTILIZANDO AS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS	106
4.2.1. PRIMEIRO ENCONTRO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	107
4.2.2. SEGUNDO ENCONTRO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	107
4.2.3. TERCEIRO ENCONTRO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	108
4.2.4. QUARTO ENCONTRO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	110
4.2.5. QUINTO ENCONTRO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	113
4.3. SEXTO ENCONTRO: ESTUDO DA LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL E ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE	114
4.3.1. SÉTIMO ENCONTRO: ESTUDO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E FORÇA PESO.....	121
4.3.2. OITAVO ENCONTRO - ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER E DA LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL.....	127
4.3.3. OITAVO ENCONTRO: AS ESTAÇÕES DO ANO POR MEIO DO <i>SOFTWARE MODELLUS</i>	137
4.4. ANÁLISE DO PÓS-TESTE	153
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	175
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
APÊNDICES	191
ANEXOS	228

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física tem-se realizado na educação básica, frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado (PCN, BRASIL, 1999). Moreira apud Melo (2011, p. 23), ao relatar sobre a história do ensino de Física no Brasil, destaca que existe uma problemática que ocorre desde os primeiros contatos dos alunos com esta disciplina, ou seja, desde o ensino fundamental:

Que a inadequação do ensino de Física no primeiro grau (hoje ensino fundamental) ao repassar os primeiros conceitos pode ser um diferencial a levar o aluno a não gostar de física e que quase nada se faz para resolver esse problema no segundo e terceiro graus (ensino médio e superior)

A Física é uma disciplina importante, seja na educação básica ou em muitos currículos em nível superior. Contudo, devido à abordagem pedagógica com que é apresentada aos alunos, o resultado nem sempre é satisfatório, ocorrendo em muitas situações a reprovação e, conseqüente a evasão do ambiente de aprendizagem (TEODORO; NEVES, 2011). Esta constatação cada vez mais crescente faz com que os alunos, quando chegam às universidades e/ou ao mercado de trabalho, levem as deficiências de aprendizagem adquiridas na educação básica (Ibidem).

Em minha prática profissional em nível superior, percebi que os discentes provenientes da educação básica trazem conhecimentos equivocados quanto aos conteúdos físicos. Esta constatação motivou o desenvolvimento desta pesquisa na educação profissional, em uma turma do PROEJA, para que pudesse propor uma metodologia de ensino, por meio de ferramentas tecnológicas e para avaliar se há indícios de aprendizagem significativa durante o seu desenvolvimento. O PROEJA foi instituído por meio do Decreto nº 5.840 de 13 de julho de 2006, transformando-se em um programa, recebendo o nome de Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de educação de jovens e adultos. A oferta do PROEJA é na forma integrada entre Educação

Profissional, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos, sendo direcionada apenas para pessoas maiores de 18 anos (BRASIL, 2007).

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) foi pensada primordialmente como formação inicial ou continuada para pessoas que já se encontram na fase adulta, tendo como foco a construção de um sujeito atuante e crítico no meio social, preparado para interagir com um mundo em constante transformação (ROMANZINI, 2011). Conforme Freire (1996) a ideia era de alfabetizar ou trabalhar a formação continuada a partir do próprio aluno, por meio das suas condições de vida e interações sociais, tornando-o um ser preparado para atuar ativamente nesta sociedade. Contudo, o que realmente acontece são pessoas voltando aos seus estudos em busca de um certificado para poder disputar uma vaga no mercado de trabalho (ROMANZINI, 2011).

Assim como na EJA, o aluno ao optar pelo PROEJA, não tem garantias de que ocorrerá a sua inserção no mundo do trabalho, na área de seu curso técnico, mas esta realidade não pode ser um norteador para impossibilitá-lo do acesso ao ensino médio integrado ao técnico (BRASIL, 2007). Diferentemente do ensino médio regular, o PROEJA é formado por alunos diferenciados, que normalmente estão há certo tempo afastados do ambiente escolar (PEREIRA, 2011). Para o autor, existem especificidades que devem ser pensadas na prática pedagógica docente, relativas a esta modalidade de ensino. Ao retomarem os estudos, fazendo a opção por cursar o ensino médio integrado ao ensino técnico, deve-se ter um olhar especial em relação às práticas desenvolvidas e aos conteúdos abordados, haja vista a elevada complexidade que há neste retorno às aulas.

Diante desta realidade, esta dissertação desenvolveu os pressupostos que norteiam o PROEJA e a temática abordada foi a de estações do ano, pois, assim como Moreira (2013), percebi que este fenômeno corresponde a um dos conhecimentos científicos que mais se destaca em ser aprendido de forma equivocada. As estações correspondem a um fenômeno astronômico que, embora seja do cotidiano das pessoas, sua compreensão exige a integração de diferentes conceitos, entre eles, situar a Terra como corpo cósmico e desenvolver um modelo tridimensional para o sistema Sol-Terra (NUSSBAUM, 1979). Conforme Langhi (2011) a causa e a caracterização das estações são

tópicos que no ensino regular causam dificuldades de entendimento, o que a princípio me fez pensar na dificuldade que poderia ser abordá-las no PROEJA.

Desde os anos iniciais do ensino fundamental, o fenômeno das estações do ano normalmente é ensinado pela utilização de modelos equivocados, como o da distância, conforme preconiza Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008). De acordo com Langhi e Nardi (2008) e Canalle (2010), este modelo resulta num outro equívoco: a forma da trajetória exageradamente elíptica da Terra ao redor do Sol. Uma possibilidade de ensinar o fenômeno das estações pode ser por meio da utilização de ferramentas tecnológicas, como a modelagem e a simulação computacional, o que pode proporcionar uma complementação à prática pedagógica docente e permite trabalhar as possíveis dificuldades de ensino no PROEJA.

Nesta perspectiva, Moreira apud Melo (2011) aponta que o ensino de Física é realizado basicamente de forma expositiva, descontextualizada da realidade e com raras atividades experimentais. Os conteúdos físicos são memorizados por alunos e professores e, apresentam resultados preocupantes: “[...] o ensino de Física tem contribuído muito para resultados desfavoráveis à educação, seja em nível básico, seja em universidades, pois há elevados índices de reprovação e evasão relacionados a esta disciplina” (MOREIRA apud MELO, 2011, p. 23).

Nesse contexto a utilização da modelagem e a simulação computacional como ferramentas tecnológicas no ensino de Física, podem atender às competências e habilidades já estabelecidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), constituindo assim uma possível alternativa aos equívocos conceituais presentes nos diversos instrumentos didáticos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Nesta lógica, os autores descrevem que:

[...] tendo claros os objetivos educacionais pretendidos fica mais fácil utilizar as ferramentas computacionais a fim de que os alunos compreendam os conceitos, construindo seu conhecimento na medida em que se torna um agente que participa, interage, constrói, discute e modifica seu pensamento (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 3).

O programa computacional utilizado na modelagem, proposto nesta dissertação foi o *software Modellus*. Sua escolha ocorreu por conta de não ser

necessário aprender uma determinada linguagem de programação para manuseá-lo e também por conta de amplas pesquisas já realizadas na área de Ensino de Física por meio deste recurso (NASCIMENTO, 2014). Quanto aos recursos de simulação computacional utilizados nesta pesquisa, fez-se uso de objetos de aprendizagens, pertencentes aos repositórios do Projeto *Physics Educational Technology (PhET)*¹ da Universidade do Colorado.

A teoria cognitiva que alicerça esta dissertação constituiu a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que forneceu o suporte teórico para analisar as possíveis contribuições das ferramentas tecnológicas no ensino das estações do ano. Nessa perspectiva, realizei uma pesquisa qualitativa, por meio de um estudo de caso com uma intervenção pedagógica, em que inicialmente investigarei os conhecimentos prévios já construídos pelos alunos. O instrumento de coleta de dados inicial constituiu um pré-teste semiestruturado. Na sequência, houve o desenvolvimento das atividades de modelagem e simulações computacionais norteadas por roteiros elaborados e um pós-teste. Durante o desenvolvimento da temática verifiquei possíveis indícios de aprendizagem significativa.

Sendo assim, a problemática da presente dissertação ficou estabelecida da seguinte maneira:

Como uma proposta metodológica por meio de ferramentas tecnológicas, pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conteúdos de Terra como um corpo cósmico e estações do ano, por alunos de uma turma de PROEJA, em uma escola de Educação Profissional em Belém/PA?

O objetivo geral desta pesquisa foi o de verificar indícios e aprendizagem significativa dos conteúdos de Terra como um corpo cósmico e estações do ano, por alunos de uma turma do PROEJA, utilizando uma metodologia de ensino com ferramentas tecnológicas, em uma Escola Tecnológica em Belém/PA.

¹ É válido destacar que nesta dissertação, assim como Araújo (2005), diferencio a simulação computacional em relação a modelagem, pelo nível de interação que o discente tem com o modelo matemático presente durante a execução do *software*.

avaliar em que medida uma proposta metodológica por meio de ferramentas tecnológicas, pode contribuir para a verificação de indícios de aprendizagem significativa da temática de Terra como um corpo cósmico e de estações do ano, pelos alunos de uma turma de PROEJA.

O objetivo geral desta dissertação foi executado observando os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Terra como um corpo cósmico e estações do ano, por meio de um pré-teste semiestruturado;
- b) Elaborar atividades para a utilização das ferramentas tecnológicas pelos alunos, para o estudo das temáticas de Terra como um corpo cósmico e estações do ano.
- c) Desenvolver em sala de aula com os alunos, as atividades elaboradas para a utilização das ferramentas tecnológicas.
- d) Verificar durante o desenvolvimento das atividades, até a realização do pós-teste, quais os indícios de aprendizagem significativa dos alunos em relação aos temas de Terra como um corpo cósmico e estações do ano.

A pesquisa ocorreu em uma Escola Estadual de Educação Tecnológica no Estado do Pará distanciada cerca de 20km do centro de Belém, com uma turma do curso técnico de informática na forma PROEJA, cursando o segundo semestre de curso. Dos quarenta alunos regularmente matriculados, trinta participaram da pesquisa que teve duração de dez encontros (dez semanas) no período entre novembro (2014) a janeiro (2015).

A presente dissertação está estruturada em quatro capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Procedimentos Metodológicos, Discussão e Análise dos Resultados e Conclusão.

O primeiro corresponde à **Introdução**, em que abordo o tema da pesquisa e as nuances relacionadas com o PROEJA, bem como o ensino das estações do ano por meio de tecnologias educacionais. Apresento também o objetivo geral e os específicos e a justificativa da investigação.

O segundo capítulo corresponde à **Fundamentação Teórica** e é constituído dos seguintes tópicos: A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, as estações do ano e as ferramentas tecnológicas utilizadas na pesquisa e a revisão de literatura realizada.

No terceiro capítulo estão descritos os **Procedimentos Metodológicos** e a caracterização da pesquisa, assim como a organização e o delineamento do estudo.

O quarto capítulo corresponde à **Análise dos Dados** onde foram apresentados os dados coletados e a análise desenvolvida, em que apresento os resultados obtidos na dissertação.

Por fim, as **Considerações Finais**, onde apresento uma síntese integradora das diferentes perspectivas abordadas ao longo do trabalho, estabelecendo relações entre os resultados encontrados neste estudo de caso e os resultados de pesquisa já consolidados e compartilhados pela comunidade de pesquisadores no que tange à utilização de ferramentas tecnológicas para a aprendizagem de Física.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresento neste capítulo a fundamentação teórica desta dissertação, organizada em cinco subcapítulos. No primeiro, abordo os principais tópicos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. No segundo subcapítulo, apresento os tópicos físicos relacionados à Terra como um corpo cósmico, em que autores como Nussbaum (1979), nortearam o estudo para o reconhecimento dos subsunçores necessários para o ensino de estações do ano. O terceiro subcapítulo é composto pelo estudo das ferramentas tecnológicas utilizadas para o ensino de estações do ano, no caso, a modelagem e a simulação computacional. O quarto subcapítulo, é destinado a tópicos relacionados ao Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de educação de jovens e adultos, o PROEJA. Por último, destaco o estado da arte nesta temática.

2.1. Aprendizagem significativa

Aprendizagem significativa é um processo cujo produto resultante é a aquisição de novos significados pelo aluno (AUSUBEL, 2003). Ao longo do processo de aprendizagem, uma nova informação interage de maneira substantiva ou não literal (não ocorrendo em seu sentido exato e preciso), e também de forma não arbitrária (não será com qualquer ideia prévia que o novo conhecimento irá interagir), com um aspecto importante na estrutura de conhecimento já pertencente ao aluno.

Essa estrutura preexistente recebe o nome de conceito subsunçor ou subsunçor, uma tradução literal do termo em inglês *subsumers*, a qual está presente no arcabouço cognitivo do aluno (MOREIRA, 2009). O referido autor, ao abordar os subsunçores, enfatiza que nas obras de Ausubel (1968, 1978, 1980), a ideia central que reflete o cerne da teoria, é justamente o que o aluno já traz consigo, ou seja, o seu conhecimento prévio.

Moreira (2010, p. 10) nos remete ao pensamento de que os subsunçores são: “[...] conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os materiais de aprendizagem ou, enfim, os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos”. Moreira e Masini (2001) retratam que para

Ausubel, o armazenamento de informações no cérebro humano ocorre de forma altamente organizada, em que se forma uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos. Moreira e Masini (2001) citam a definição de Estrutura Cognitiva como a estrutura hierárquica de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo e que Ausubel (2003) define como um conjunto hierárquico de subsunçores dinâmicos e relacionados.

Percebemos nos exemplos acima que o novo conhecimento não fica disperso na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, ao se distribuir, ele se liga aos conceitos subsunçores. Quando a aprendizagem ocorre de forma diversa desta, em que o novo conhecimento é concebido de maneira literal e arbitrária sem realizar conexão alguma com o conhecimento prévio, chamamos este processo de aprendizagem mecânica, aprendizagem por memorização, automática ou primordialmente chamada *rote learning* (MOREIRA, 1979). Tal aprendizagem é promovida de forma pouco associativa, com o conhecimento prévio do aluno em sua estrutura cognitiva, logo, o novo conhecimento será armazenado de forma arbitrária (MOREIRA; MASINI, 2001).

Moreira (2009, p. 10), nos remete ao pensamento que aprendizagem mecânica está na memorização de conteúdos, fórmulas e aprendizados de última hora:

Em Física, como em outras disciplinas, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de "última hora", de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é esquecida logo após, caracteriza também a aprendizagem mecânica.

Moreira (1999) escreve que a aprendizagem mecânica não se dá em um "vácuo cognitivo", pois podemos perceber que poderá haver algum tipo de conexão, mas não de forma interativa, como a que ocorre na aprendizagem significativa, em que Ausubel (2003) nos remete ao pensamento que a aprendizagem mecânica ocorre da seguinte forma: "Podem relacionar-se com a estrutura cognitiva, mas *apenas* de uma forma arbitrária e literal que não resulta na aquisição de novos significados". O autor não faz diferença entre a aprendizagem significativa e mecânica, mas sim, nos demonstra um *continuum*, significando que existe a possibilidade de um determinado aprendizado ocorrer de forma mecânica e em seguida vir a se tornar

significativo para o aprendiz, um processo de não ocorrer a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013).

Ausubel (2003, p. 4) exemplifica a aprendizagem mecânica da seguinte forma:

Visto que, por exemplo, os membros de estímulo e de resposta específicos de um determinado par de adjetivos, numa aprendizagem de associação de pares, estão ligados de uma forma puramente arbitrária, não existe base possível para relacionar de modo não arbitrário a tarefa de aprendizagem à estrutura cognitiva de alguém e o aprendiz deve também lembrar-se literalmente da resposta para cada palavra de estímulo (não pode utilizar sinônimos).

Moreira (2010, p. 4), ao tratar de aprendizagem significativa e mecânica, nos explica que a significativa não deve ser tratada como aquela que o aluno jamais irá esquecer, nos esclarecendo que:

A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, porém não é um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa.

Ausubel (2003) demonstra vantagens da aprendizagem mecânica como certas consequências significativas para o processo de aprendizagem, pois a capacidade de aprender de forma arbitrária e literal relaciona tarefas de aprendizagem por memorização, com a estrutura cognitiva do aluno:

1 - Uma vez que o equipamento cognitivo humano, ao contrário do de um computador, não consegue lidar de modo eficaz com as informações relacionadas consigo numa base arbitrária e literal, apenas se conseguem interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas apenas conseguem ficar retidas por curtos períodos de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas.

2- A capacidade de relação arbitrária e literal para com a estrutura cognitiva torna as tarefas de aprendizagem por memorização altamente vulneráveis à interferência de materiais semelhantes, anteriormente apreendidos e descobertos de forma simultânea ou retroativa.

Como já destacado anteriormente, assim como Ausubel (2003) não faz diferença entre a aprendizagem significativa e mecânica, nos demonstrando um *continuum*, Moreira e Masini (2001) já nos alertavam que não devemos fazer diferença entre a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção, pois, na primeira o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aluno (devem ser criadas hipóteses para representar as soluções para os problemas que surgirem) e, na segunda, o que deve ser aprendido é apresentado ao discente em sua forma final (não havendo mais problemas a serem investigados).

Ausubel (2003, p. 5), ao tratar sobre aprendizagem por recepção e por descoberta, nos informa que:

Na aprendizagem por recepção, este conteúdo é apresentado sob a forma de uma proposição substantiva ou que não apresenta problemas, que o aprendiz apenas necessita de compreender e lembrar. Por outro lado, na aprendizagem pela descoberta, o aprendiz deve *em primeiro lugar* descobrir este conteúdo, criando proposições que representem soluções para os problemas suscitados, ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos.

Contudo, deve-se ter a certeza que o processo de ensino só será significativo se o novo conhecimento for ligado aos subsunçores importantes contidos na estrutura cognitiva do aluno, isto é, seja por recepção ou por descoberta, a aprendizagem só será significativa se o novo conhecimento conseguir se incorporar de forma não arbitrária e não literal a esta estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 1999). Sendo assim, Moreira (1999, p. 15) alerta para a seguinte conclusão: “Isso significa que a aprendizagem por descoberta não é necessariamente significativa nem a aprendizagem por recepção é obrigatoriamente mecânica”, ou seja, ambas podem ser significativas ou mecânicas, em que a dependência de um fato ou outro está diretamente relacionado com a forma como essa nova informação se consolidará na estrutura cognitiva do aluno.

Diante deste fato, para que ocorra a aprendizagem significativa, basicamente, três condições devem ser satisfeitas no ambiente escolar, em que Santos (2008) expõe que:

- O aprendiz demonstre uma disposição para o relacionamento do novo conhecimento com a estrutura cognitiva e não para a simples

memorização mecânica, muitas vezes até simulando alguma associação. Esse fato é bem característico em estudantes acostumados a métodos de ensino, exercícios e avaliações repetitivos e padronizados;

- Exista um conteúdo, isto é, um conhecimento mínimo na estrutura cognitiva do aluno, com subsunçores suficientes para suprir as necessidades relacionais;
- O conhecimento a ser assimilado, o material de aprendizagem, seja potencialmente significativo, isto é, não arbitrário em si. Conteúdos arbitrários podem se tornar significativos com o auxílio de organizadores prévios.

Conforme Moreira (2011), a utilização dos organizadores prévios se faz com o intuito de servirem de alicerce para o novo conhecimento, o que pode suscitar conceitos subsunçores, ajudando assim ao processo de ensino e de aprendizagem. Moreira (2011, p. 163) nos esclarece que: “Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si”. Não se devem tratar os organizadores prévios como meras comparações introdutórias, já que identificam o conteúdo relevante na estrutura cognitiva do aluno, enfocando a importância deste para o novo material a ser aprendido, com um alto grau de abstração. Os organizadores prévios destacam a ideia central do novo material de aprendizagem, promovendo assim uma contextualização proposital para aprender de forma significativa o novo conhecimento (MOREIRA, 2013).

Quando ocorre aprendizagem significativa, as informações que já existem na estrutura cognitiva do aluno são alteradas pelas novas, por meio do processo de assimilação. Este processo possui três fases, a assimilação, a retenção e o esquecimento (assimilação obliteradora).

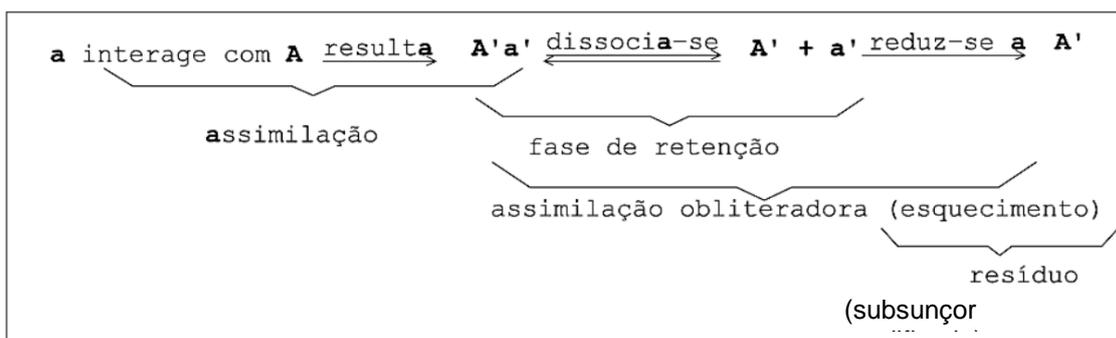
A fase de assimilação (Figura 1) é o processo que se dá quando um novo conhecimento potencialmente significativo (**a**) interage com um subsunçor (**A**) de forma substantiva e não-arbitrária, tendo como resultado para o aluno um produto interacional/aquisição de significados (**A'a'**) (MOREIRA, 2009).

Sequencialmente ocorrerá a fase de retenção, em que, o produto interacional (**A'a'**) estará dissociável, em certo período de tempo, em **A'** e **a'**, favorecendo assim a retenção de **a'**, ou seja, após a dissociação do produto interacional, o resultado será correspondente ao antigo conhecimento já

modificado e os subsunçores também modificados, tornando-se então entidades distinguíveis. Logo, a informação que era nova ao interagir com os subsunçores, continua presente, não da forma inicial, pois no processo de interação com os subsunçores ela foi alterada, sendo que os subsunçores também foram modificados nesse processo, tornando-se mais elaborados e estáveis (MOREIRA, 2009).

A última fase ocorre após a aprendizagem significativa, cujo resultado foi a nova informação assimilada/produto interacional (**A'a'**). Na sequência é iniciado o segundo estágio da assimilação, denominado de esquecimento ou assimilação obliteradora, não ocorrendo mais uma dissociação (**A' e a'**), passando assim a se tornar apenas **A'** (MOREIRA, 2009).

Figura 1 - As três fases do processo de assimilação: assimilação, retenção e assimilação obliteradora



Fonte: Moreira (2009).

Ausubel(2003) aborda dois fenômenos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Na aprendizagem significativa, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora (integrativa) são processos que podem ocorrer, dependendo de como a nova informação irá interagir com a estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN apud REHFELDT, 2009). Ao apresentarmos um novo conteúdo ao aluno, ao serem realizadas as abordagens como proposições, ideias intuitivas e conceitos, estas deverão ocorrer primeiramente de forma ampla e geral, e após a sua consolidação pelo aluno, as mesmas deverão ser apresentadas progressivamente de forma mais específica (AUSUBEL, 2003). Este pensamento é denominado de diferenciação progressiva, e que conforme Moreira (2013, p. 74):

[...] como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados, ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Do ponto de vista cognitivo, é o que ocorre com determinado subsunção à medida que serve de ancoradouro para novos conhecimentos em um processo interativo e dialético.

Quanto a reconciliação integradora ou integrativa, Moreira (2011, p. 112) nos diz que: “[...] é o princípio segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes”, ou seja, o material instrucional apresentado ao aluno deve facilitar a aprendizagem ao possibilitar que ocorra interação entre as ideias já consolidadas na estrutura cognitiva com as novas ideias, verificando semelhanças e diferenças diante do novo conhecimento. Quando um novo material de aprendizagem é apresentado ao aprendiz, caso sua estrutura cognitiva já tenha conhecimentos prévios relevantes e específicos, o mesmo é capaz de fazer associações, relações entre o que está sendo aprendido e seus conhecimentos prévios, sendo possível perceber similaridades entre ambos.

Ausubel (2003) destaca que ao ocorrer a aprendizagem significativa, sendo verificada a reconciliação integradora, poderá ocorrer também a diferenciação progressiva de conceitos ou proposições na estrutura cognitiva do aprendiz, pois a reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva sendo que ambas são processos dinâmicos, durante a aquisição de significados. Moreira (2011) nos remete às atribuições que o professor deve ter no processo de aprendizagem significativa em termos de facilitá-la, correspondendo basicamente a quatro tarefas:

- 1) Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos;

- 2) Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.
- 3) Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
- 4) Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura conceitual da matéria de ensino, mas também a estrutura cognitiva do aluno no início da instrução e tomar providências adequadas (por exemplo, usando organizadores, ou “instruções-remédio”), se a mesma não for adequada.

A seguir, apresento o subsunçor que deve estar na estrutura cognitiva do aprendiz, para que seja possível o aprendizado significativo do fenômeno das estações do ano: Terra como um corpo cósmico.

2.2. Terra como um corpo cósmico

Conforme norte fornecido pela psicologia cognitiva de Ausubel (2003), abordado no tópico anterior, fui em busca de possíveis respostas em relação a quais seriam os conhecimentos prévios específicos que deveriam estar presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, para que a temática das estações do ano, pudesse ser ancorada. Então, realizei uma busca em trabalhos de Ensino de Física/Astronomia, que foram desde Nussbaum e Novak (1976), passando por Nussbaum (1979) e, chegando até Gonzatti (2008), para obter o direcionamento em relação aos subsunçores.

Essa busca originou os tópicos 2.2 até o 2.2.10 desta dissertação, onde apresento a resposta encontrada nas obras anteriores e nas demais que citarei mais adiante. Esta resposta se refere a temática de Terra como um corpo cósmico, que inicio sua apresentação a partir deste tópico onde exponho a necessidade da presença deste conceito subsunçor na estrutura cognitiva do aprendiz, para ser possível o aprendizado significativo do fenômeno das estações.

Conforme o dicionário enciclopédico de astronomia e astronáutica, Mourão (1995) informa que a astronomia é a ciência que estuda os astros e, de forma mais ampla, os demais objetos celestes. Quando se alicerça nessa ciência, por meio de suas teorias e modelos, é possível, por exemplo, a compreensão de conceitos importantes como as características dos planetas e o campo gravitacional pertencente a cada um, bem como as suas localizações e implicações em nível cósmico (FRAKNOI, 1995). Nessa direção, Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008, p. 24), destacam a importância da astronomia, contextualizando a presença de fenômenos astronômicos responsáveis por influenciar o nosso modo de vida:

Dias e noites, sucessão de anos e de estações, fases lunares são fenômenos comuns na nossa rotina e que estão associados à natureza cósmica da Terra, que envolve tanto sua forma, localização, quanto sua participação em interações gravitacionais.

Ao considerarmos a Terra como um corpo cósmico, não significa caracterizá-la de forma perfeitamente esférica, de cor azul, quase sem nuvens, comumente mostrado nos diversos meios de comunicação, ou em modelos didáticos como globos terrestres e os mapas mundiais, presentes nos ambientes escolares, em que o encantamento visual é inevitável, bem como a dissociação do mundo real (FERREIRA; LEITE, 2011). Tratar a Terra como corpo cósmico, significa abordá-la por meio de sua forma, seu campo gravitacional, seus movimentos e os fenômenos astronômicos decorrentes desses movimentos e da configuração do sistema Terra-Sol-Lua, como por exemplo, dias, noites, estações do ano, fases e eclipses lunares, ou seja, a sua interação com outros astros cósmicos (GONZATTI, 2008).

Ao pensar em como abordar a temática estações do ano, buscando superar as concepções alternativas que podem ser apresentadas pelos alunos durante a pesquisa, encontrei alguns princípios norteadores no trabalho de

Gonzatti (2008). A autora destaca quais são os conhecimentos básicos necessários para o entendimento do fenômeno, conforme um atual modelo científico. Os fundamentos são os que estão relacionados à passagem do tempo, assim como os que envolvem uma teoria sobre o posicionamento da Terra no cosmos, sua interação com outros astros, especialmente Sol e Lua, seu campo gravitacional, aspectos que estão ligados a um modelo de Terra como corpo cósmico. Este fato irá propiciar a relação de seu formato e suas interações gravitacionais, promovendo o entendimento coerente entre a Terra e universo em conformidade com o atual modelo científico. Na Figura 2 estão expostos os conhecimentos da temática de Terra como um corpo cósmico, necessários para o entendimento do fenômeno das estações do ano, os quais, detalharemos a partir da seção 2.2.1 até a 2.2.9.

Figura 2 - Terra como um corpo cósmico para o estudo das estações do ano



Fonte: Do autor, 2015.

Nussbaum (1979), Baxter (1989), Nardi e Carvalho (1996), Parker e Heywood (1996), Sneider e Ohadi (1998) e Gonzatti (2008) demonstram que a Terra como corpo cósmico é um conceito subsumidor que deve ser previamente abordado em relação às nuances envolvidas ao se trabalhar a temática de estações do ano. Para os autores a Terra deve ser considerada a partir da interação gravitacional entre Terra e Sol, assumindo-se este conceito como alicerce fundamental para o aprendizado não apenas das estações, mas também de outros fenômenos astronômicos.

Assim como Moreira (2011) indica ao professor sobre como facilitar o processo de aprendizagem significativa, nessa lógica para o ensino de astronomia, Gonzatti (2008, p. 30) informa que:

[...] o professor deve estar preparado do ponto de vista metodológico para planejar, implementar e desenvolver estratégias de ensino reais que possam cumprir essa função de mexer com a estrutura cognitiva do aluno e promover sua evolução. Isto é, ele deve ser capaz de poder selecionar e propor atividades potencialmente significativas, que efetivamente ajudem o aluno a incorporar novos significados e novos conceitos à sua estrutura mental. Em segundo lugar, o sujeito professor deve conhecer os temas e conteúdos que vai desenvolver.

Conhecer os movimentos da Terra, relacionando-os aos fenômenos astronômicos, como a duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua e eclipses, fazem parte do conteúdo programático do PROEJA no início do curso. Compreender as interações gravitacionais para explicar aspectos dos diversos movimentos dos astros no sistema solar, também integra este conteúdo programático (Anexo 1).

2.2.1. Terra esférica

Quando indagamos alguém sobre a forma do planeta Terra, a resposta - redonda - parece inevitável ou óbvia. No entanto, até o início do século V a.C, predominavam as concepções de que o nosso planeta era plano, e esta concepção era prevista e corroborada pelos modelos predominantes (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008). Os autores supracitados lembram que esses modelos eram estruturados em mitos e crenças filosóficas e religiosas, como os dos egípcios e hindus. Tales (de Mileto), Anaximandro e Leucipo (de Abdera) são apontados historicamente como estruturadores, em suas épocas,

de um modelo de Terra plana, enquanto que Parmênides (de Eléia) é denominado como o pioneiro da suposição da esfericidade da Terra (NEVES, 2000).

Já na era atual, Isaac Newton entendia que o achatamento da Terra ocorria nos polos, entre os quais está situado seu eixo, e o abaulamento, por consequência, era na região equatorial, o que resultaria em dois raios, o polar e o equatorial (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008). Uma consequência desse fato é a diferença de raios em nosso planeta, o polar e o equatorial. Tal pensamento era antagônico a Descartes, que tinha como suposição o fato da Terra ter seu achatamento na região equatorial, com o raio maior nos polos, ou seja, a Terra seria semelhante a um pepino em pé (ibidem).

Diante destes pensamentos, duas expedições foram organizadas, uma rumo a Lapônia e a outra para o Peru, com a finalidade de se medir o comprimento de um grau de arco de meridiano. Ao fim, Newton estava certo em suas argumentações (FILHO, 2012).

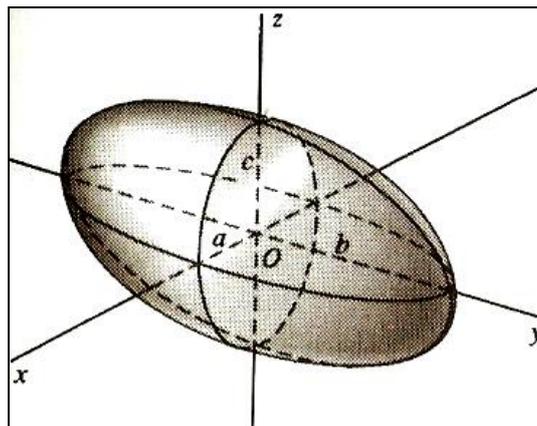
2.2.2. A forma e o campo de gravidade da terra

O atual modelo para o formato da Terra, perpassa por uma aproximação matemática descrita por uma das superfícies quádricas, o elipsoide (Figura 3), cuja equação é dada pela seguinte relação matemática:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} + \frac{z^2}{c} = 1$$

Os valores a , b e c correspondem aos semieixos das três elipses originadas, quando são realizados os cortes das secções transversais pelos planos perpendiculares aos eixos coordenados ($x = \pm a, y = \pm b, z = \pm c$) (MUNEM; FOULIS, 1983).

Figura 3 - Elipsoide



Fonte: Edwards e Penney (1999).

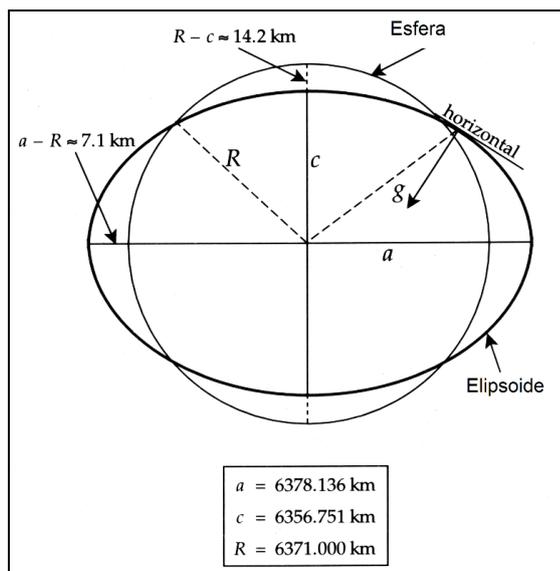
O modelo de representação do formato da Terra é um caso particular da equação, denominada de elipsoide oblato ou esferoide oblato (LEITHOLD, 1994). Em 1980, especialistas em Geodésia e Geofísica definiram um elipsóide para o formato do nosso planeta, cujo raio equatorial mede 6378,136 km e o raio polar tem um valor de 6356,751 km. O raio da esfera equivalente pode ser encontrado da seguinte forma (FILHO, 2012):

$$R = \frac{1}{3}(a^2c)$$

Em que a , é o semieixo maior, correspondendo ao raio equatorial da Terra e c é o semieixo menor do elipsoide, correspondendo ao raio polar da Terra. Utilizando a relação matemática acima, encontra-se a medida de 6371,000 km. Comparado com a esfera de melhor ajuste, o esferoide é achatado de 14,2 km em cada polo e no equador, ele difere de 7,1 km (Figura 4). Conforme Filho (2012) o achatamento polar f para o nosso planeta tem o valor de $\frac{1}{298,257}$ (aproximadamente 0,3%) e, pode ser encontrado da seguinte maneira:

$$f = \frac{(a-c)}{a}$$

Figura 4 - Comparação entre o esferoide oblato com a esfera de melhor ajuste (ilustração fora de escala)



Fonte: Adaptado de Filho (2012).

Diante destas considerações Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008, p. 36), resumem o modelo para a forma da Terra da seguinte maneira:

[...] a Terra é classificada como um esferóide oblato, isto é, uma esfera elíptica levemente achatada nos pólos. No entanto, para fins práticos, a Terra pode ser considerada praticamente esférica, dadas suas dimensões e o fato da diferença entre os raios polar e equatorial representar tão somente 0,33% de achatamento.

Uma pergunta pode parecer inevitável, diante da discussão deste tópico, que é sobre o porquê da Terra ter o formato esférico. Gonzatti (2008, p. 156) aborda esta explicação, em função da força gravitacional que o planeta exerce sobre si mesmo:

Atração gravitacional mútua de todas as incontáveis partículas que a constituem. Mesmo que percebamos a Terra como um grande corpo, sabemos que ela é constituída de materiais com características muito variadas. Assim, pode ser imaginada como um agrupamento de muitos milhões de fragmentos de matéria, cada qual atraído gravitacionalmente pelos demais. Essa atração mútua entre cada partícula de matéria faz com que elas tendam a ficar o mais próximo possível umas das outras. Concluimos, então que o formato arredondado da Terra, e também de outros astros celestes, é resultado da atração gravitacional que o planeta exerce sobre si mesmo.

Para dar continuidade a temática de Terra como um corpo cósmico, apresento na sequência os tópicos de Latitude e longitude.

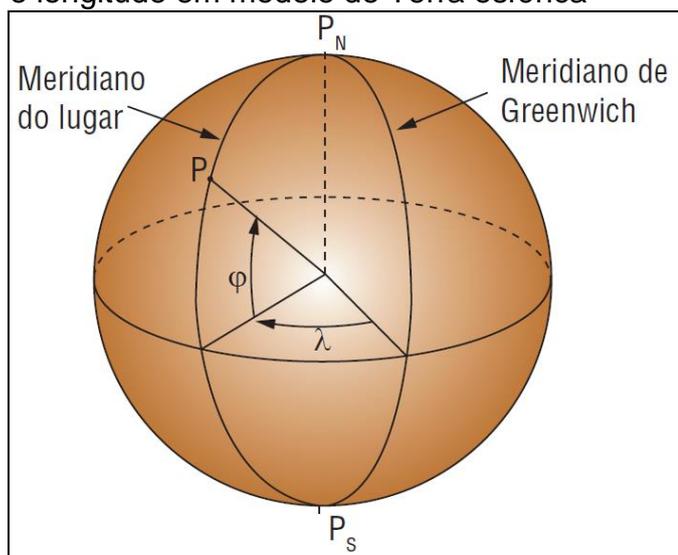
2.2.3. Latitude e Longitude

Como já verificado anteriormente, a Terra tem um formato que não é perfeitamente esférico, denominado de esferoide oblato e, é dividida por uma linha imaginária (na horizontal) chamada de Linha do equador, resultando no Hemisfério Norte e Sul. Esta linha está situada de forma equidistante dos polos terrestres. Já os paralelos, são as linhas imaginárias que se encontram paralelas em relação ao equador e que determinam a Latitude (DA SILVA, 2013). Sendo assim, pode-se definir latitude geodésica, ou apenas latitude, da seguinte maneira:

Latitude é a distância em graus de qualquer ponto da superfície terrestre até a Linha do Equador. A distância em graus será de 0° na Linha do Equador até 90° para o Norte ou 90° para o Sul. Assim, se a posição em análise estiver acima da Linha do Equador, a latitude é norte, indo até o Pólo Norte ou Pólo Ártico, e ao contrário, se a posição estiver abaixo da Linha do Equador, temos latitude sul, indo até o Pólo Sul ou Pólo Antártico. O modo como a latitude é definida depende da superfície de referência utilizada (DE CARVALHO, DE ARAUJO, 2008, p. 2).

Os autores supracitados abordam que se a Terra fosse uma esfera perfeita, a latitude de um determinado ponto $P(x_p, y_p, z_p)$ corresponderia ao ângulo do raio que passa por esse ponto, em relação ao plano do Equador (Figura 5).

Figura 5 – Latitude e longitude em modelo de Terra esférica



Fonte: De Carvalho e De Araújo (2008).

Para se determinar a longitude (λ) (Figura 5), é necessário o estabelecimento de um referencial, no caso, uma linha de referência que corresponde ao Meridiano de Greenwich (DE CARVALHO, DE ARAUJO, 2008). Este meridiano também estabelece uma divisão na Terra em dois hemisférios que são o Leste (Oriental) e o Oeste (Occidental) e, cada linha imaginária ou meridiano, posicionada na vertical no planeta Terra, determinam a longitude (Ibidem).

A longitude geodésica (λ) ou simplesmente longitude corresponde ao ângulo formado pelos planos do meridiano de Greenwich e do meridiano que passa pelo local que se deseja obter a informação (DA SILVA, 2013). Este ângulo é medido sobre o plano do equador e tem como origem o meridiano de Greenwich, sendo positivo na direção Greenwich-Leste (0 a $+180^\circ$) e negativo Greenwich-Oeste (0 a -180°) (Ibidem). Gonzatti (2008, p. 157) ao abordar a temática de longitude, indica também que é possível o seu cálculo, tendo como referência o meridiano de Greenwich:

Outra forma de medir a longitude de um lugar é saber a diferença entre a hora local e a hora de Greenwich, tomada como Hora Universal, já que esse meridiano ($\lambda=0^\circ$) foi adotado como referência para o sistema de fusos horários, por convenção. Nesse caso, as longitudes a oeste de Greenwich variam de 0 a -12 h e as longitudes a leste variam de 0 a +12h.

2.2.4. Lei da Gravitação Universal

A Lei da Gravitação Universal foi apresentada por Isaac Newton em 1686 na publicação intitulada de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural) ou como é comumente chamada, *Principia* (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1983). No prefácio desta obra, datada de 08 de maio de 1816, Newton já expressava a magnitude do que representaria a Lei da Gravitação, quando expõe que ²[...] as partículas dos corpos, segundo algumas causas até então desconhecidas, ou são mutuamente impulsionadas em direção ao outro ... ou são repelidas umas contra as outras [...]”.

² Disponível em: <<http://www.bartleby.com/39/25.html>>. Acesso em: 14 nov. 2014

Newton mostrou que o movimento dos planetas poderia ser explicado pela suposição de que - para cada par de corpos - associava-se uma força atrativa. Desta forma, a lei da Gravitação pode ser enunciada da seguinte Maneira: “Toda partícula material no Universo atrai outras com uma força diretamente proporcional ao produto das massas das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas” (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1983, p. 72). As palavras dos autores resultam na seguinte relação matemática:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Em que m_1 e m_2 são as massas de dois corpos envolvidos, d é a distância entre os corpos e G é uma constante universal, cujo valor é $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

As forças gravitacionais que agem sobre as partículas constituem um par ação e reação. Embora as massas das partículas possam ser diferentes, atuam em cada uma delas forças de mesmo valor, ou seja, de igual intensidade e cuja direção (linha de ação das duas forças) coincide com a reta que une as partículas, apresentando sobre os corpos sentidos opostos (TIPLER; MOSCA, 2006).

A Lei de Gravitação Universal de Newton refere-se à força entre duas partículas. Sears, Zemansky e Young (1983) se referem ao fato que a força gravitacional exercida sobre ou por uma esfera homogênea seria o mesmo que se considerasse a massa da esfera concentrada em seu centro. Portanto, se a Terra fosse uma esfera homogênea, a força por ela exercida sobre um pequeno corpo de massa m a uma distância r do seu centro seria:

$$F_g = G \frac{m \cdot m_T}{r^2}$$

Onde m_T é a massa da Terra. Uma força de mesma intensidade seria exercida sobre a Terra pelo corpo. Para o interior do planeta Terra, estes resultados têm que ser modificados.

Se fosse possível cavar um buraco no centro da Terra e medir a força da gravidade sobre um corpo a várias distâncias do centro, encontrar-se-ia que a força decresce quando se aproxima do centro em vez de crescer com $\frac{1}{r^2}$. Qualitativamente é fácil ver por que deveria ser assim: A medida que o corpo desce ao interior da Terra (ou outro

corpo esférico), parte da massa da Terra estará do lado oposto ao seu centro e puxa o corpo na direção oposta. Exatamente no centro da Terra, a força gravitacional sobre o corpo é nula (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1983, p. 73).

Em relação à constante gravitacional G , seu valor pode ser determinado experimentalmente, em que mede-se a força de atração gravitacional entre dois corpos de massas conhecidas, distanciados entre si por um valor também conhecido. Henry Cavendish usou um instrumento inventado pelo Reverendo John Michell para medir a intensidade dessa força, em 1778 (ALONSO; FINN, 1972). Instrumento semelhante foi utilizado por Coulomb para estudar as forças elétricas e magnéticas de atração e repulsão (ibidem).

Dando continuidade a temática de Terra como um corpo cósmico, conforme proposta realizada na Figura 2, apresento a seguir, os tópicos de massa, peso e aceleração da gravidade.

2.2.5. Massa, peso e aceleração da gravidade

Sears, Zemansky e Young (1983, p. 74) definem a força peso de um corpo de maneira mais geral, como sendo: “[...] a força gravitacional resultante exercida sobre ele por todos os outros corpos do Universo”. Sobre a superfície da Terra, ou em suas proximidades, a força de atração do nosso planeta é muito maior que a de qualquer outro corpo, ou seja, de forma prática, todas as outras forças gravitacionais são desprezíveis e o peso passa a ser considerado como tendo sua origem advinda apenas pela atração gravitacional da Terra (OLIVEIRA, 1997). De forma análoga, este autor descreve que na superfície da Lua ou de outro planeta, o peso de um corpo resulta praticamente da atração gravitacional da Lua ou do planeta e, dessa forma, se a Terra fosse uma esfera perfeitamente homogênea, com o raio R e massa m_T , o peso P de um corpo de massa m , localizado na superfície terrestre, ou em suas proximidades, seria:

$$P = F_g = G \frac{m \cdot m_T}{R^2}$$

Considerando que a composição da Terra não é homogênea e que sua forma não é uma esfera perfeita, o peso de um corpo varia ligeiramente de um

ponto para outro da superfície terrestre. Contudo, o peso de um determinado corpo varia com o inverso do quadrado da distância que o separa do centro da Terra (a uma distância radial de dois raios da Terra, por exemplo, seu peso decresce a um quarto de seu valor na superfície da terrestre) (ibidem).

O peso aparente de um corpo na superfície do planeta Terra difere ligeiramente, em intensidade e direção, da força de atração gravitacional da Terra em virtude do movimento de rotação. Pode-se ignorar, para uma análise, a pequena diferença entre o peso aparente de um corpo e a força de atração gravitacional e considerar a Terra como um sistema de referência inercial (aquele em que a Primeira Lei de Newton é válida). Sendo assim, Sears, Zemansky e Young (1983) remetem ao pensamento que, quando um corpo está em movimento de queda livre, a força motriz que o acelera é seu peso P e a aceleração produzida por esta força é a da gravidade, g , obtendo a seguinte relação geral:

$$\sum F = m.a$$

que para o movimento anterior (queda livre) equivale a

$$P = mg$$

Como,

$$P = mg = G \frac{m.m_T}{R^2}$$

e simplificando a expressão:

$$g = G \frac{m_T}{R^2}$$

A relação matemática acima, para obter o valor da aceleração da gravidade, denota que a sua intensidade é a mesma para todos os corpos, pois não depende da massa do corpo em queda e é aproximadamente constante, pois G e M_T são constantes e R varia muito pouco de um ponto para o outro da superfície terrestre.

Sendo assim, pode-se dizer convenientemente que m_T , produz, no espaço em torno de si, uma situação física que é denominada de campo gravitacional e que é percebida através da força que m_T , exerce sobre uma outra massa, como a do corpo atraído pela Terra, colocada na região desse campo (ALONSO; FINN, 1972). Os autores indagam sobre a existência de algo no espaço vazio em torno de m_T , mesmo quando não usamos a massa de um

corpo qualquer como teste (um corpo em queda livre, por exemplo) para verificar o campo, é algo que apenas se pode especular, pois, nota-se o campo gravitacional somente quanto se traz uma segunda massa para testes. Então “[...] a aceleração da gravidade pode ser considerada como a intensidade do campo gravitacional na superfície da Terra” (ibidem, p. 412).

Em relação ao peso de um corpo, é uma força expressa em termos da unidade de força no sistema de unidades que estiver sendo utilizado. No S.I (Sistema Internacional), a unidade de peso é 1N (um newton), para um valor de massa de 1kg, com aceleração de 1m/s^2 .

Sears, Zemansky e Young (1983) destacam o fato de que as unidades de massa e peso no Sistema Internacional de Medidas ainda são frequentemente confundidas na conversão diária. Expressões como “peso líquido” se referindo à grandeza massa são recorrentes. O que significa na realidade é que a massa do produto que está se comprando para consumo, está sendo determinada indiretamente pelo seu peso, ou seja, constantemente se usa o termo peso quando se deveria usar massa (ibidem).

Na sequência, exploro os fenômenos astronômicos da rotação e translação, fundamentais para o estudo das estações do ano.

2.2.6. Fenômenos da Rotação e Translação

Acreditou-se, por séculos, que o planeta Terra estava em repouso, pois não era possível observar e conseqüentemente comprovar que o planeta realizava movimentos como a rotação e a translação. Foi na Grécia antiga que se começou a idealizar possíveis movimentos para a Terra (GONZATTI, 2008). Assim, desde o momento inicial do estabelecimento de uma hipótese do fato da Terra girar em relação a si mesma (rotação) e a sua comprovação³ pela experiência do pêndulo de Foucault, há um lapso temporal de cerca de dois mil anos (GONZATTI, SARAIVA; RICCI, 2008).

Efeitos como as variações na intensidade do campo gravitacional terrestre e os fusos horários são causados pelo movimento de rotação da Terra

³ Conforme Neto e Tommasiello (2013) a comprovação do movimento de rotação da Terra ocorreu em 1851, com o trabalho experimental do físico francês Jean Bernard Léon Foucault, no Panthéon de Paris, que utilizou um pêndulo pendurado e analisou o movimento de precessão do plano de oscilação.

(DE CARVALHO, DE ARAUJO, 2008). Em relação ao movimento de translação, na antiguidade, Pessoa Jr. (2013) explica que o argumento utilizado para falsear este movimento era a ausência de paralaxe estelar, o que nas palavras de Monteiro (2006, p. 4), são expostas da seguinte maneira:

Aristarco de Samos ($\pm 320-250$ a.C) já havia proposto um modelo heliocêntrico. Entretanto esse modelo foi refutado devido a ausência de paralaxe estelar. Paralaxe é o ângulo formado pela observação de um objeto a partir de duas posições diferentes. Os gregos argumentaram que se a Terra realmente girasse em torno do Sol, então as posições relativas das estrelas deveriam se alterar durante o ano. Essa alteração, no entanto, não era observada. Os gregos não sabiam que as estrelas, mesmo mais próximas, estão localizadas a anos-luz de distância da Terra, o que torna a paralaxe estelar praticamente imperceptível.

Somente no século XVII surgiram comprovações para o movimento de translação da Terra, quando Ole Römer, na tentativa de estimar um valor para a velocidade da luz por meio de estudos de fenômenos (eclipses, por exemplo) na lua Io de Júpiter, constatou um atraso no recebimento da luz na Terra (NETO; TOMMASIELLO, 2013). Vidal, Monferrer e Molina (2010) destacam que a explicação para o fenômeno observado foi o fato de a distância entre Terra e Júpiter não ser constante, indicando um movimento do nosso planeta ao redor do Sol, pois a luz vinda da lua Jupteriana demorava cerca de 22 minutos para percorrer a distância da órbita da Terra em torno do Sol.

Uma outra constatação da translação da Terra ocorreu quando James Bradley, ao estudar a paralaxe estelar, verificou a ocorrência do fenômeno chamado de aberração da luz (ASIMOV, 1974). O fenômeno da aberração surge como consequência dos movimentos de rotação e translação da Terra e, do fato da velocidade da luz ser finita, o que desloca a onda luminosa oriunda dos astros, na direção do movimento do observador (BLITZKOW et al., 2011). Com a determinação, pela primeira vez da paralaxe da estrela 61 do Cisne, que ocorreu em 1838, Friedrich Bessel verifica então a constatação final para o movimento de translação da Terra (NETO; TOMMASIELLO, 2013).

Ao fim deste tópico, onde abordei os fenômenos da rotação e translação, apresento na sequência outros dois fenômenos pertencentes a temática de Terra como um corpo cósmico: Os dias e as noites.

2.2.7. Fenômenos dos dias e das noites

Gonzatti (2008, p. 170) ao abordar os fenômenos astronômicos explica a ocorrência dos dias (período de claridade) e das noites (período de escuridão):

A Terra gira ao redor de um eixo imaginário, o eixo de rotação terrestre, a cada 24 horas, em relação ao Sol. Esse movimento é denominado rotação terrestre, e ocorre no sentido de oeste para leste. É o movimento de rotação da Terra que nos coloca, sucessiva e alternadamente, voltados para o Sol (dia) ou de costas para ele (noite). No entanto, nós que estamos sobre a própria Terra, temos a impressão de que é o Sol, e também a Lua, ou as estrelas, que estão girando sobre nós. Alternativamente, poderíamos explicar a ocorrência de dias e noites dizendo que é o Sol que se desloca no céu durante um *dia*. É a explicação mais de acordo com nossos sentidos.

A duração dos dias e das noites varia devido à inclinação do eixo de imaginário da Terra e depende também da posição de referência sobre a superfície da Terra e da época do ano (LANGHI; NARDI, 2007). Não obstante, as concepções destes fenômenos astronômicos para posições próximas aos polos geográficos da Terra, são diferenciadas em relação as demais posições do planeta, devido ao fato de ocorrer seis meses de dia e seis meses de noite (ibidem).

Para dar continuidade a presente proposta metodológica do ensino das estações do ano, conforme Figura 2, apresento na sequência as Leis de Kepler.

2.2.8. Leis de Kepler

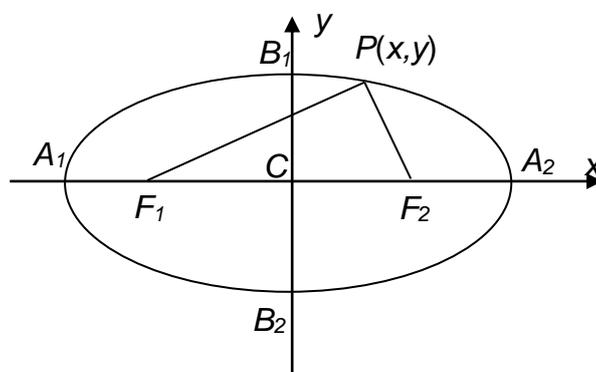
A humanidade sempre foi fascinada pelo céu noturno, pela infinidade de estrelas e pelos planetas brilhantes. No final do século XVI, o astrônomo Tycho Brahe estudou o movimento dos planetas e realizou observações que foram consideravelmente mais precisas do que as disponíveis até então. Utilizando os resultados de Brahe, Johannes Kepler descobriu que as trajetórias dos planetas se movem mais rápido quando sua órbita é mais próxima do Sol e mais lentamente quando sua órbita é mais afastada.

Finalmente, Kepler desenvolveu uma relação matemática precisa entre o período de um planeta e sua distância média do Sol. Ele enunciou esses resultados através de três leis empíricas do movimento planetário. Essas três leis serviram como base para a proposição da lei da gravidade, feita por Newton:

A primeira lei de Kepler propõe que todos os planetas se movem segundo órbitas elípticas, com o Sol posicionado em um dos focos.

Uma elipse é um lugar geométrico dos pontos para os quais a soma das distâncias aos dois focos F é constante. Sendo assim, uma elipse (Figura 6) é um conjunto de pontos em um plano cuja soma das distâncias a dois pontos fixos F_1 e F_2 - chamados de focos da elipse -, de centro $C(0,0)$, é uma constante, ou seja, $|\overline{F_1P}| + |\overline{F_2P}| = k$, em que $k=2a$. Os pontos $A_1(-a, 0)$, $A_2(a,0)$, $B_1(0, b)$, $B_2(a, -b)$ são os vértices. O eixo maior ($\overline{A_1A_2}$) = $2.a$, e o eixo menor ($\overline{B_1B_2}$) = $2.b$. A distância entre os focos ($\overline{F_1F_2}$) é denominada de distância focal = $2.c$ (Figura 6).

Figura 6 - Representação de uma elipse



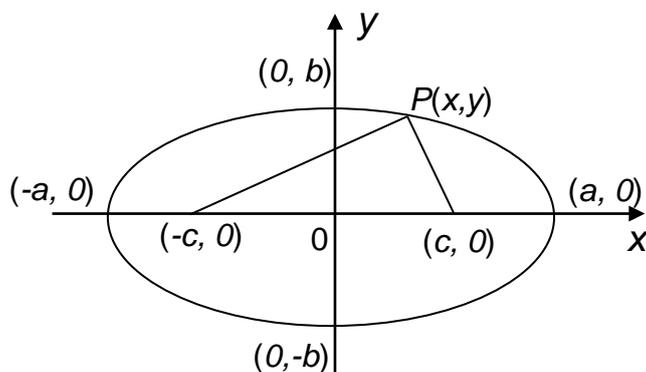
Fonte: Do autor, 2015.

Considerando que $2a > 2b$, a equação reduzida da Elipse é dada por:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Os coeficientes a e b são os semieixos da elipse, em que a excentricidade (achatamento) pode ser obtida por $\varepsilon = \frac{c}{a}$ ou $\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, conforme Figura 7.

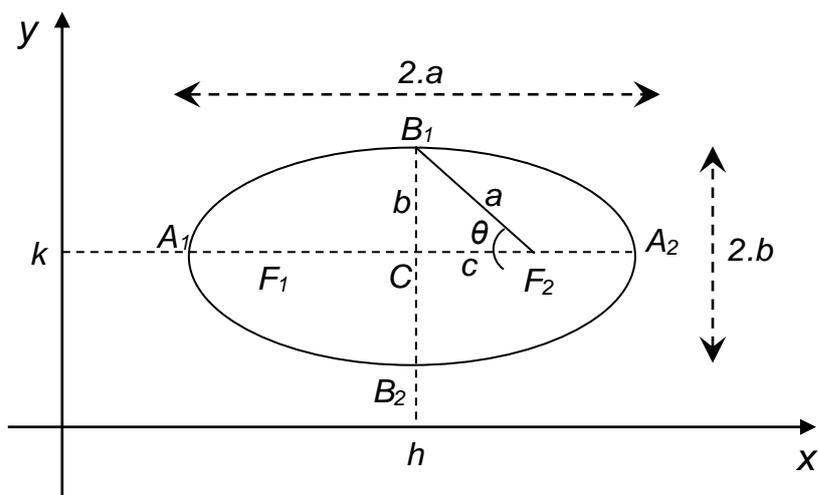
Figura 7 - Elipse com as coordenadas dos focos e vértices



Fonte: Do autor, 2015.

Nascimento (2014) destaca o caso em que a elipse da Figura 7 não tenha seu centro geométrico coincidente com o centro do eixo cartesiano. Então, é necessária a utilização das equações de translações de eixo: $\bar{x} = x - h$ e $\bar{y} = y - k$ para se obter as novas coordenadas (Figura 8) de centro $C(h, k)$.

Figura 8 - Elipse com as coordenadas transladadas



Fonte: Nascimento (2014).

É válido destacar que as elipses das Figuras 6, 7 e 8, apresentam uma excentricidade de aproximadamente 0,8667. Conforme a Figura 8, utilizando as equações de translação de eixos e mantendo a condição $2a > 2b$, a equação da elipse, é dada por:

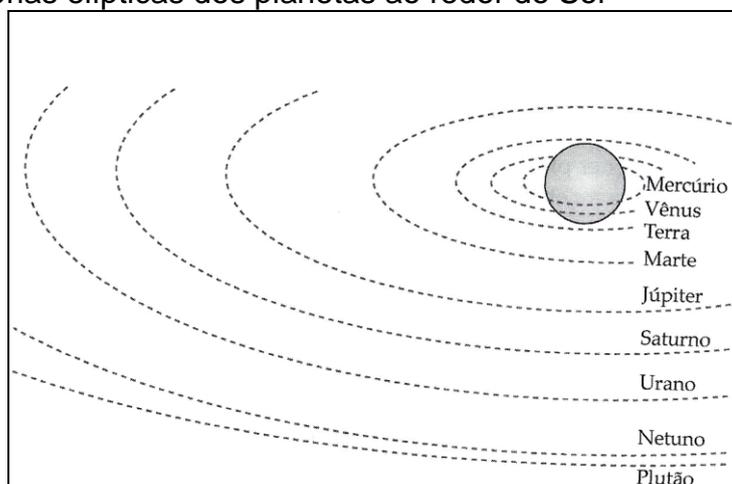
$$\frac{(x-h)^2}{a^2} + \frac{(y-k)^2}{b^2} = 1$$

Na forma paramétrica, as equações são:

$$x = h + a \cdot \cos \theta \text{ e } y = k + b \cdot \sin \theta$$

A Figura 9 mostra os planetas do sistema Solar seguindo uma trajetória elíptica com o Sol, em um dos focos. A órbita da Terra é aproximadamente circular em torno do Sol, com distância de $1,48 \cdot 10^{11}$ m no periélio⁴ (ponto de menor afastamento) e de $1,52 \cdot 10^{11}$ m no afélio⁵ (ponto de maior afastamento).

Figura 9 - Trajetórias elípticas dos planetas ao redor do Sol



Fonte: Tipler e Mosca (2006).

O semieixo maior da órbita elíptica da Terra é igual a média dessas duas distâncias e vale $1,5 \cdot 10^{11}$ m. A distância média entre a Terra e o Sol, define a unidade astronômica (UA), em que $1UA = 1,5 \cdot 10^{11}$ m = 93,0 mi (Quadro 1).

⁴ Posição em que a Terra está mais próxima do Sol (≈ 147 milhões de quilômetros) (GONZATTI, 2008, p. 178).

⁵ Posição em que a Terra está mais afastada do Sol (≈ 152 milhões de quilômetros) (ibidem).

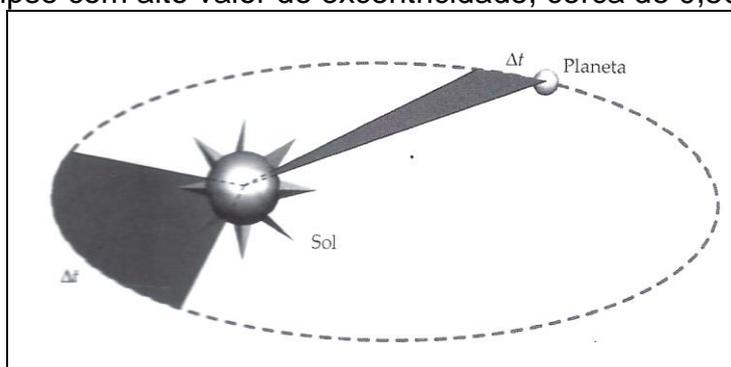
Quadro 1 - Valores dos raios médios, excentricidades e períodos dos planetas do sistema solar

Planeta	Raio médio, r ($310^{10}m$)	Excentricidade da órbita	Período T (anos)
Mercúrio	5,79	0,2056	0,241
Vênus	10,8	0,0068	0,615
Terra	15	0,01667	1
Marte	28,8	0,0934	1,88
Júpiter	77,8	0,0485	11,9
Saturno	143	0,0556	29,5
Urano	287	0,0472	84
Netuno	450	0,0086	165
Plutão	590	0,250	248

Fonte: Adaptado de Tipler e Mosca (2006).

Em continuidade às leis do movimento planetário, Kepler constata que a linha que une qualquer planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. Esse é o teor da segunda Lei de Kepler, a Lei das Áreas. A Figura 10 apresenta uma elipse com um valor de excentricidade elevado, para que de forma didática, perceba-se visualmente a 2ª Lei de Kepler, a lei das áreas iguais. A excentricidade para a trajetória da órbita da Terra ao redor do Sol é de aproximadamente, 0,0016, praticamente circular. Um planeta se move mais rápido quando está mais próximo do Sol do que quando está mais afastado, de modo que a área varrida pelo vetor raio em um determinado intervalo de tempo é a mesma ao longo de toda a órbita.

Figura 10 - Elipse com alto valor de excentricidade, cerca de 0,568



Fonte: Tipler e Mosca (2006).

A lei das áreas iguais é uma consequência da conservação da quantidade de movimento angular. Por último, a 3ª Lei de Kepler prevê uma relação entre os períodos e os raios das órbitas dos planetas em torno do sol: O quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semieixo maior de sua órbita. A terceira lei de Kepler relaciona o período de qualquer planeta à sua distância média ao Sol, que é igual ao semieixo maior de sua trajetória elíptica. Na forma algébrica, se r é a distância média entre um planeta e o Sol, T é o período de revolução do planeta, então, a terceira lei de Kepler estabelece que:

$$T^2 = Cr^3$$

Onde C , que corresponde a uma constante de proporcionalidade, tem o mesmo valor para todos os planetas. Essa lei é uma consequência do fato de que a força exercida pelo Sol sobre um planeta varia com o inverso do quadrado da distância do Sol ao planeta.

Um conceito importante para o estudo das estações do ano e para ser somado aos tópicos anteriores é o que apresento a seguir: a insolação solar.

2.2.9. Insolação solar

Kepler e Saraiva (2014) definem a constante solar, medida em uma superfície perpendicular aos raios solares, devido a distância média Terra-Sol, como a quantidade de energia solar que chega ao planeta Terra, por unidade de tempo e de área. O valor verificado por instrumentos, externamente a atmosfera da Terra é de aproximadamente 1367 W/m^2 .

Para o estudo das estações do ano, faz-se necessário conhecer a quantidade de energia (E_z) por unidade de área (A) e por unidade de tempo que chega em um determinado lugar da superfície da Terra, em que os autores supracitados denominam de insolação solar (I), definida da seguinte maneira:

$$I = \frac{E_z}{A}$$

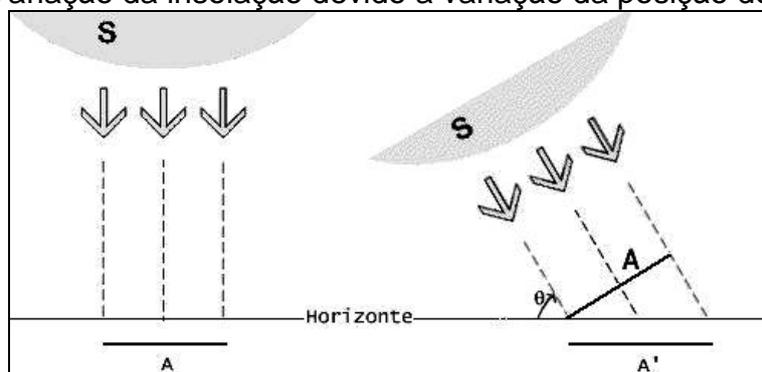
Nessa relação, E_z (energia do Sol no zênite) é a energia média que chega perpendicularmente à superfície da Terra, devido ao efeito de rotação da Terra, por unidade de tempo e por unidade de área, cujo valor é $E_z \cong 750kWh/m^2$ (KEPLER, SARAIVA, 2014). A insolação depende de algumas características, como:

[...] o lugar, com a hora do dia e com a época do ano. Devido à rotação da Terra, a energia média incidente no topo da atmosfera, por unidade de área e por unidade de tempo, é aproximadamente 1/4 da constante solar. Além disso, a atmosfera reflete 39% da radiação, de forma que apenas 61% é usada no aquecimento da Terra (LIMA, 2006, p. 49).

Caso se considere que o Sol está a uma altura θ em relação ao horizonte, a mesma energia média (E_z) espalhada por uma nova área A' (medida em relação a área anterior, A) (Figura 11), é obtida da seguinte maneira:

$$A' = \frac{A}{\text{sen}\theta}$$

Figura 11 - Variação da insolação devido a variação da posição do Sol



Fonte: Kepler e Saraiva (2014), Lima (2006).

Conforme Figura 2, explorei nos tópicos anteriores (2.2.1 - 2.2.9), pontos fundamentais para a abordagem e estudo do fenômeno das estações do ano. Diante dessas informações, na sequência, apresento a temática das estações do ano.

2.2.10. As Estações do ano

Um dos problemas mais recorrentes, em estações do ano, é o que atribui como causa a maior ou menor proximidade da Terra em relação ao Sol,

durante o movimento de translação, ideia que suscita um modelo conhecido como modelo da distância (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008). Este mesmo erro é também relacionado à excentricidade da órbita elíptica da translação da Terra, conforme destacam Langhi e Nardi (2007) e fortemente criticado por Canalle (2010).

Nascimento, Neide e Borragini (2014) identificaram dificuldades nos conhecimentos prévios referentes a fenômenos astronômicos, durante o processo de formação inicial nos cursos de Licenciatura Plena em Biologia e Matemática, na disciplina de Física, para ambos os cursos. Dentre os mais variados erros conceituais encontrados no ensino de Astronomia, os mais comuns estão relacionados às estações do ano, como a presença do modelo da distância, em que “[...] ficou ratificado o desconhecimento em relação à caracterização correta das estações do ano no Brasil, especificamente na região norte, onde residem [...]” (ibidem, p. 5).

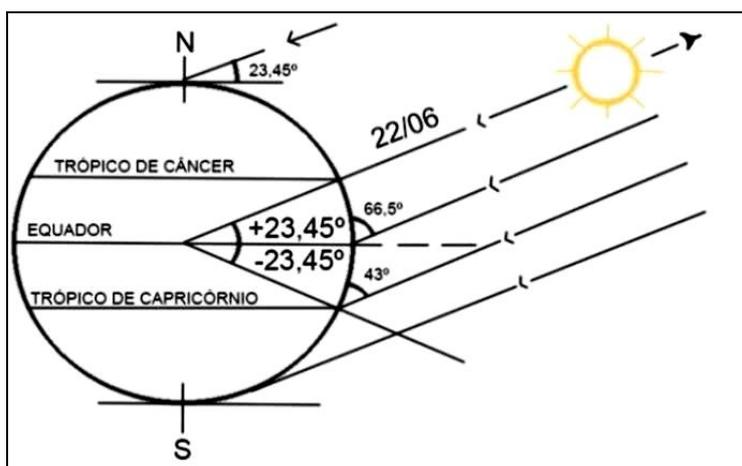
Sabe-se que a ocorrência das estações do ano é devida à inclinação de aproximadamente $23,5^\circ$ do eixo de rotação da Terra em relação à normal ao plano descrito por sua órbita em torno do Sol, o que altera a inclinação dos raios solares em cada uma das regiões da Terra ao longo do ano (KEPLER; SARAIVA, 2004).

O modelo da distância como a causa das estações do ano, verificado nos diversos níveis de ensino, deve-se também às concepções equivocadas suscitadas devido a forma que a trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol, ainda é apresentada em vários materiais didáticos (NASCIMENTO, NEIDE, GONZATTI, 2015). A excentricidade das elipses varia entre zero e um, isto é, quanto mais próxima de zero é a excentricidade da órbita mais próxima de um círculo é a elipse. No caso da órbita da Terra, a excentricidade é muito próxima de zero (0,016), o que nos permite concluir que a trajetória é quase circular e a diferença de distância entre periélio e afélio é de apenas de 3% (KEPLER; SARAIVA, 2000).

Ao se analisar as características das estações do ano, conforme os hemisférios terrestres, é possível refletir sobre a construção equivocada de um modelo para este fenômeno astronômico, bem como a caracterização indevida para as regiões que não se encontram em locais de clima temperado. Por volta do dia 22 de junho, ao meio dia local, os raios solares incidem de forma

perpendicular no trópico de Câncer, correspondendo a 43° em relação ao trópico de Capricórnio (Figura 12), tomando a direção horizontal como referência (LIMA 2006). O resultando é que a insolação solar será maior no hemisfério norte e, de forma oposta, menor no hemisfério Sul, ou seja, no hemisfério norte será verão e no hemisfério sul será inverno.

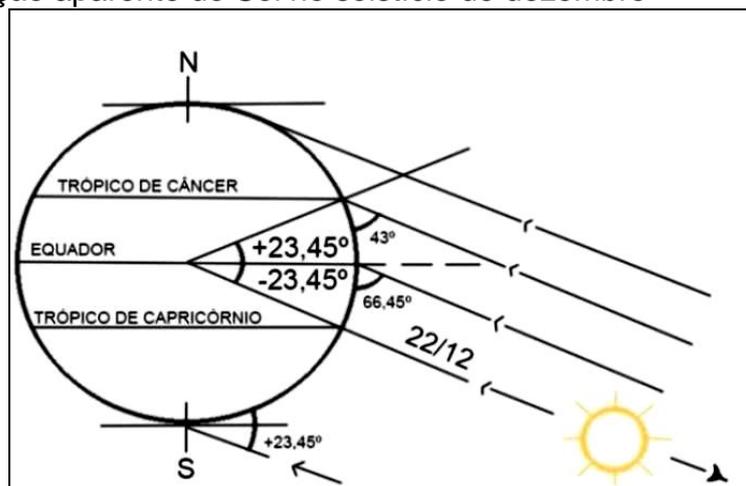
Figura 12 – Posição aparente do Sol no Solstício de junho, em diferentes latitudes



Fonte: Silva (2013).

Contraopondo a situação anterior, no dia 22 de dezembro, os raios solares estarão incidindo perpendicularmente sobre o Trópico de Capricórnio. Para o trópico de Câncer, o ângulo de incidência, tendo como referência a direção horizontal, é de 43° (LIMA, 2006). Esta data corresponde ao solstício de verão para o Hemisfério Sul. Na Figura 13, é possível observar que a insolação solar é maior nesse Hemisfério (onde se encontra o Brasil), portanto, ali será verão e, de forma oposta, será inverno no Hemisfério Norte.

Figura 13 - Posição aparente do Sol no solstício de dezembro



Fonte: Silva (2013)

Estabelecendo a Terra como referência e analisando o movimento do Sol, os dias de Solstícios correspondem ao máximo afastamento do Sol em relação ao equador (GONZATTI, SARAIVA; RICCI, 2008). Sendo assim, os autores nos remetem ao pensamento que:

O solstício de dezembro ocorre quando o Sol está em seu máximo afastamento para sul. Esse dia caracteriza o início do verão para o Hemisfério Sul e o início do inverno para o Hemisfério Norte. Já o solstício de junho acontece quando o Sol está com máximo afastamento para o Norte. É o início do inverno para a metade sul da Terra e do verão para a metade norte (ibidem, p. 63-64).

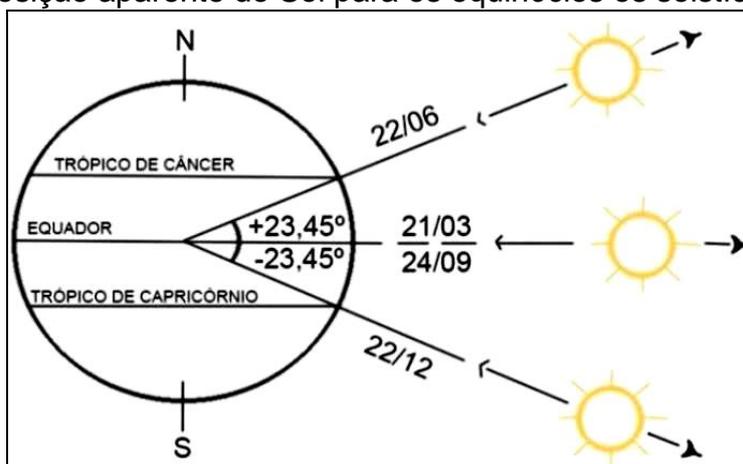
O termo solstício tem a seguinte origem: “[Do latim: *solstitiu* = Sol Parado]: São correspondentes aos extremos máximos do deslocamento do Sol, o qual inverte o seu sentido de deslocamento, portanto o Sol precisa parar seu movimento para retornar” (LIMA, 2006, p. 40).

Nas datas correspondentes aos equinócios (por volta de 21 de março e 24 de setembro), os raios solares tem incidência perpendicular ao plano tangente em relação à superfície do Equador terrestre (LIMA, 2006). A origem do termo equinócio é apresentada por Lima (2006, p. 40): “Equinócio [Do latim: *aequinoctiu* = noite igual; *aequale* = igual + nocte = noite]: Corresponde ao ponto médio do intervalo de deslocamento, instante no qual o intervalo de duração do período de claridade se iguala ao de escuridão”.

As posições orbitais do Sol nessas datas resultam em uma insolação igual em ambos os hemisférios da Terra (Figura 14), caracterizando a

ocorrência das estações do outono e da primavera: No hemisfério sul, tem-se o equinócio de outono (aproximadamente em 21 de março) e o equinócio da primavera para o Hemisfério Norte. Próximo ao dia 24 de setembro, a situação se inverte, tem-se o equinócio de primavera (para o Hemisfério Sul) e o equinócio de outono (para o Hemisfério Norte).

Figura 14 - Posição aparente do Sol para os equinócios os solstícios



Fonte: Silva (2013).

Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008) destacam o fato que, durante o período cíclico anual, ocorrem dois solstícios e dois equinócios, o que equivale a dividir o ano em 4 períodos: primavera, verão, outono e inverno, correspondendo assim às quatro estações do ano. Lima (2006, p. 41), ao abordar o significado histórico das estações do ano, destaca os fatos utilizados para a nomenclatura de cada período, que foram as condições climáticas dos países pertencentes às zonas temperadas, como os europeus, por exemplo, descrevendo assim o nome e os significados, da seguinte maneira:

Primavera [Do latim: *primo vere* 'no começo do verão'];
Representa a época primeira, a estação que antecede o verão.
Verão [Do latim vulgar: *veranum*, i.e., *veranuns tempus*, 'tempo primaveril ou primaveral' semelhante a vernal, isto é, relativo à primavera. Estação que sucede a primavera e antecede o outono.
Outono [Do latim: *autumno*] Usualmente conhecida como o tempo da colheita.
Inverno [Do latim: *hibernu*, i.e., *tempus hibernus* 'tempo hibernal'];
Associado ao ciclo biológico de alguns animais que entram em hibernação e se recolhem durante o período de frio intenso.
Estação que sucede o outono e antecede a primavera.

Selles e Ferreira (2004) descrevem que no Brasil, os diversos materiais instrucionais geralmente caracterizam as estações de forma não condizente com o observado no contexto brasileiro. Elas são apresentadas iguais às regiões do Hemisfério Norte, com mudanças na paisagem: o inverno é comumente representado por neve, bonecos de neve; para a primavera, a representação é por meio de flores e borboletas; o Sol e a praia são características pertencentes ao verão e as folhas caindo e os frutos, são as associações para o outono. As características apresentadas nos materiais de ensino não condizem com as diferentes realidades observadas no amplo território Brasileiro, embora sejam típicas de regiões de clima temperado. No entanto, essa não é a única situação no Brasil, onde se tem os climas equatorial, tropical e subtropical. Portanto, é imprescindível discutir com os alunos as diferentes características das estações em cada região, conforme sua localização no globo terrestre, pois as regiões de clima temperado experimentam variações mais significativas das variações da insolação solar no decorrer de um ano (LIMA, 2006).

Nascimento, Neide e Borragini (2014) destacam que o modelo de estações do ano verificado em alunos dos cursos de Licenciatura em Biologia e Matemática, nas aulas de Física, apresentam características pertencentes a países europeus, divergindo da realidade brasileira. Devido a grande extensão do nosso país, as estações do ano para o Brasil diferenciam-se conforme a região, não sendo possível diferenciá-las pelas mudanças na paisagem como ocorrem com países do Hemisfério Norte ou em regiões de elevadas altitudes na região Sul do Brasil (LIMA, 2006).

Para o Brasil, o inverno com ocorrência de neve é fato raro e circunscrito a uma pequena região de maiores altitudes pertencente à região Sul; no caso da primavera, ocorre a presença de flores ao longo do ano e não apenas nesta estação (SELLES; FERREIRA, 2004, LIMA, 2006). A presença de frutas também é constante durante o ano nas diversas regiões brasileiras, não ocorrendo apenas no outono e, as ilustrações do verão, a presença dos raios de sol, não são apenas para localidades de praia e sim para boa parte do país (ibidem).

Para desconstruir a ideia de que a causa das estações possa ser a maior ou menor proximidade da Terra ao Sol, analisa-se então a energia

recebida pela Terra em função da distância, tendo em vista o seu formato esferoide oblato. Sendo d_{ST} , a distância da Terra ao Sol, Kepler e Saraiva (2014) e Lima (2006) demonstram como calcular E_z , devido a energia do Sol (E) média que chega na Terra por unidade de área:

$$E_z = \frac{E}{4\pi d_{ST}^2}$$

Para se analisar a influência da distância Terra-Sol no fenômeno das estações, os autores demonstram que, devido à diferença de distância de 3% ocasionada por conta das posições afélio e o periélio, a variação da insolação (I) é de, aproximadamente 0,94 e relatam que:

[...] em janeiro (periélio), a insolação solar é 6% maior do que em junho (afélio), o que tornaria as estações mais rigorosas no Hemisfério Sul do que no Norte. Este pequeno efeito é contrabalançado pela maior proporção de água no Hemisfério Sul, que as torna mais amenas (KEPLER; SARAIVA; 2014, p. 47)

Piassi e Dias (2007) demonstram que, devido a órbita da Terra ter baixa excentricidade, a variação de temperatura causada pela diferença de distância ao Sol é bem menor do que a ocasionada pela variação da insolação devido à inclinação do eixo imaginário terrestre. Sendo T_p e T_a , respectivamente, as temperaturas calculadas para o periélio e o afélio, os autores verificam que a razão entre elas é:

$$\frac{T_a}{T_p} = 0,98$$

Para que fosse possível perceber esse efeito a inclinação do eixo imaginário da Terra deveria ser de 0° , em relação a perpendicular do plano da órbita em relação ao Sol, com isso, seria possível notar uma variação na temperatura da Terra, devido ao periélio e afélio com uma diferença de 2%, cerca de $5,8^\circ\text{C}$ (ibidem). Para não restar dúvidas do efeito desprezível nas estações, devido ao modelo das distâncias:

A diferença de insolação produzida pela variação da distância Terra-Sol é bem menor que a diferença de insolação produzida devido à inclinação do eixo imaginário de rotação da Terra. Além disso, a complexidade da circulação atmosférica e oceânica complica uma análise do efeito isolado dessa variação de insolação. É possível que esse efeito seja perceptível, mas não há estudos confirmando ou refutando isso (PIASSI; DIAS; 2007, p. 328).

Diante do exposto neste capítulo, conclui-se que, para caracterizar as estações do ano, deve-se observar concomitantemente a ocorrência dos fenômenos relacionados à interação da Terra como um corpo cósmico. De uma forma geral, o fenômeno das estações do ano tem como causa a inclinação do eixo imaginário da Terra em relação à normal do seu plano da órbita, durante seu movimento de translação ao redor do Sol. Este movimento orbital ocorre devido a ação mútua da força gravitacional (Lei da Gravitação Universal de Newton), que atua entre a Terra e o Sol. Essa força atua entre os corpos, apresenta-se como um par de forças ação e reação. A duração dos dias e das noites também apresenta dependência da inclinação desse eixo imaginário, assim como das coordenadas geográficas de latitude e longitude e do movimento de rotação. Esse movimento impacta na variação da intensidade do campo gravitacional terrestre, fato este dependente de formato esferoide oblato da Terra.

2.3. Ferramentas Tecnológicas no Ensino de Física

As últimas décadas são caracterizadas por uma revolução tecnológica, em que um dos principais reflexos é a evolução dinâmica da informática e dos computadores. Ao ocupar os diversos espaços da sociedade, no uso doméstico, influenciando o estilo de vida do homem, a tecnologia também se apresenta nas diversas relações de trabalho do setor industrial. Em relação ao campo educacional pode-se fazer presente pelo processo de aquisição do conhecimento (NOVAIS; SIMÃO, 2010).

Penteado (1999) expõe que os avanços tecnológicos resultam numa maior possibilidade do acesso à informação, elevando-se consideravelmente o número de pessoas que passam a ter este acesso, pois se vive em uma sociedade em que prevalecem a velocidade, o movimento, a imagem, o tempo e o espaço com uma nova conceituação. Diante desta nova realidade, o uso do computador nos processos de ensino e de aprendizagem está cada vez mais comum, possibilitando assim, ampliar a utilização desta ferramenta e quando acrescentamos a importância do acesso à internet, de acordo com o autor supracitado, esta combinação se torna primordial para a construção, difusão e avanço do conhecimento.

Não obstante, acompanhando a evolução tecnológica, os processos de ensino e de aprendizagem devem explorar o uso do computador como ferramenta no ensino, com a utilização de seu potencial por meio de seus recursos, possibilitando assim um aprendizado significativo pelo aluno. Conforme descrito nos PCNs (BRASIL, 2002, p. 88): “[...] é inegável que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar”.

A utilização do computador em ambiente escolar, como um instrumento de facilitação nos processos de ensino e de aprendizagem, representa mais que uma inovação durante as aulas, significa uma interação do aluno com tecnologias da informação que fornecem as ferramentas necessárias para compor e/ou ampliar um conjunto de estratégias cabíveis presentes na sociedade, seja no presente ou no futuro (BRASIL, 1999). Desta forma, as orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS), deixam claro que a escola não deve se eclipsar diante do momento de rápida evolução tecnológica, podendo fornecer ao aluno competências e habilidades para que o mesmo não seja excluído do momento vivido em sua sociedade:

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230).

Nesta lógica, Macêdo (2009), ao utilizar as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) aplicadas ao ensino de Física, nos faz refletir sobre os processos de ensino e de aprendizagem atuais, em que ao encontrarmos alternativas para tornar as aulas de Física mais agradáveis e motivadoras, poderemos proporcionar uma melhor aprendizagem aos alunos, sendo este um desafio constante na prática docente. Araújo (2002) ratifica o uso de ferramentas tecnológicas no ensino de Física, com a modelagem e a simulação computacional, por meio de propostas didáticas envolvendo o uso de computadores, em que *softwares* cada vez mais elaborados vêm sendo criados na tentativa de facilitar a construção do conhecimento por parte do estudante.

Como o desenvolvimento desta pesquisa é com alunos pertencentes ao Curso Técnico em informática, na modalidade PROEJA, pressupõe-se que, ao

utilizar-se de diferentes materiais didáticos, alicerçados na interação com ferramentas tecnológicas, estas poderão se apresentar como materiais potencialmente significativos, possibilitando, em alguma medida, a aprendizagem da temática das estações do ano.

2.3.1. Recursos computacionais selecionados para a abordagem das estações do ano

Apresento neste tópico as ferramentas tecnológicas utilizadas na presente dissertação para o ensino de Física: A modelagem computacional por meio do *Software Modellus* e os aplicativos do Projeto *Physics Educational Technology (Phet)* como ferramentas de simulação computacional.

2.3.1.1. Modelagem Computacional por meio do *Software Modellus*

Diversos resultados de pesquisas⁶ educacionais têm revelado que o processo de aprendizagem vem apresentando excelentes indicadores quando os alunos são submetidos a um processo dinâmico de criação. A modelagem computacional é utilizada neste contexto, por meio de equações matemáticas, sendo possível realizar a representação e descrição de um determinado fenômeno físico (TEODORO; NEVES, 2011).

Nos processos de ensino e de aprendizagem, a modelagem computacional desempenha um papel importante na expansão do horizonte cognitivo do aluno, pois se pode criar, explorar e visualizar as diversas possibilidades de um determinado modelo matemático. Nesta lógica, a modelagem computacional se torna uma ferramenta fundamental para se obter uma integração entre o uso do computador e as equações trabalhadas, promovendo assim uma sinergia entre o momento presente de evolução tecnológica com uma ferramenta nos processos de ensino e de aprendizagem: o computador e o ensino de Física. Novais e Simião (2010, p. 2), ao tratarem sobre os programas computacionais para realizar a modelagem computacional, afirmam que:

⁶ Resultados presentes em Araújo (2002, 2005), Teodoro e Neves (2011), Nascimento, Neide e Borragini (2014) e Nascimento, Neide e Gonzatti (2015).

Nessa perspectiva, o *software* de simulação consiste na criação de modelos dinâmicos e simplificados de situações reais que permitem explorações fictícias que se tornaram possíveis com o uso do computador. Em uma simulação, o aluno tem a possibilidade de desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e refinar os seus conceitos. Essa simulação, que podemos caracterizar com uma modelagem computacional, tem um grande potencial de permitir que os estudantes compreendam os princípios teóricos da Matemática, contribuindo para o aumento da percepção do aluno e para auxiliar a construção do conhecimento.

Conforme Teodoro e Neves (2011), a Modelagem com a utilização de computadores, em ambientes de aprendizagem, teve seu início com o uso de linguagens de programação de alto nível como, por exemplo, *Fortran*, *Pascal* e *Python*, bem como os programas chamados *softwares* de computação científica, como o *Mathematica* ou o *Matlab*. Com exceção a estes dois últimos *softwares*, demandava-se um conhecimento a mais por conta do aluno ter obrigatoriamente que aprender algoritmos e a própria linguagem de programação, o que conseqüentemente ocasionava ter um computador com uma configuração de *hardware* necessária ao nível do processamento solicitado.

Para facilitar o processo de ensino e de aprendizagem e obter um ganho real de tempo em frente ao computador, evitando aprender diversas linguagens de programação, foram desenvolvidos *softwares* como o *Dynamic Modelling System*, *Stella*, *Easy Java Simulations* e o *Modellus*, os quais concentravam a aprendizagem em atividades que necessitavam fundamentalmente dos conceitos de Ciências e Matemática (TEODORO; NEVES, 2011).

Nesse sentido, os desenvolvedores do *Modellus* assumem uma postura em sua criação, em que a aprendizagem significativa de conceitos matemáticos abstratos, passa a corresponder ao elemento chave na modelagem científica. Estes conceitos matemáticos devem ser tratados como objetos reais, permitindo aos alunos tratá-los como “objetos concretos-abstratos”. Concretos, no sentido de que eles podem ser manipulados e visualizados e abstratos porque eles são construções matemáticas (TEODORO; NEVES, 2011).

O *Modellus*, conforme Teodoro, Vieira e Clérigo (1997), é uma ferramenta de computador que fornece a possibilidade de alunos e professores poderem realizar experimentos conceituais de modelos matemáticos. As representações matemáticas podem ser funções, derivadas, taxa de variação,

equações diferenciais e equações por meio de diferenças, bastando escrevê-las de forma simples e direta em uma caixa de texto chamada de “Modelo Matemático”. Não há necessidade de aprender algoritmos ou mesmo uma determinada linguagem de programação, tão tradicionais em Modelagem Computacional que utilizam ambiente de desenvolvimento para *software* livre, como por exemplo, o *Eclipse*, que utiliza linguagens como C, C++, Java, etc (NASCIMENTO, 2014).

Representação Múltipla e Manipulação direta são características importantes no *Modellus*. A primeira consiste no fato de se poder criar, ver e interagir com representações analíticas, analógicas e gráficas de objetos matemáticos (NASCIMENTO; JACOB JUNIOR; NEIDE, 2014). A segunda, manipulação direta, já citada anteriormente, significa que o usuário pode trabalhar diretamente com todos os tipos de objetos que aparecem na tela do computador, sem a necessidade de um conhecimento em uma determinada linguagem de programação, ou seja, os objetos podem ser manipulados de forma direta por obedecerem ao modelo matemático trabalhado (TEODORO, 1998).

O *Modellus* constitui uma ferramenta que também possibilita uma saída gráfica, pois, conforme o modelo computacional é executado, e os objetos adquirem movimentos, os gráficos são plotados instantaneamente. De forma concomitante a plotagem, acompanha o desenvolvimento das equações, que representam o modelo matemático que está sendo resolvido, conforme as condições iniciais atribuídas.

Pode ser feito o *download* do *Modellus* em www.modellus.fct.unl.pt/, (*website* da Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa), de onde o usuário poderá fazer *download* também de manuais e tutoriais em diversos idiomas. Podem-se encontrar também inscrições para cursos, diversas versões do *Modellus*, artigos, brochuras em extensão de arquivo “pdf” e, exemplos de modelagem para Matemática e Física.

2.3.1.2. Aplicativos do *Phet* como ferramentas de simulação computacional

A simulação computacional se diferencia da modelagem pela interação que o aluno tem com o modelo matemático presente em sua execução. Na

simulação de um determinado modelo físico, por exemplo, é permitido apenas inserir valores e alterar parâmetros e, conseqüentemente, verificar os resultados em relação as variáveis inseridas (ARAUJO, 2005). Não há possibilidade de alteração do código fonte do programa que originou a simulação, cabendo ao aluno apenas explorá-lo. Na modelagem, mesmo em caráter exploratório, é possível alterar a estrutura básica das equações matemáticas que o constituem, mesmo não havendo essa necessidade (ibidem).

Os materiais utilizados nesta pesquisa, referente à simulação computacional, constituem-se Objetos de Aprendizagem, cuja conceituação é diversificada na literatura científica. De acordo com Spinelli (2003, p. 7) podem tanto englobar um determinado conceito da ciência a ser ensinada, no caso a Física, quanto toda a teoria a ser abordada e ainda “compor um percurso didático, envolvendo um conjunto de atividades, focalizando apenas determinado aspecto do conteúdo envolvido”. Nessa perspectiva, conforme Arantes et al. (2010, p. 27), os objetos constituem “recursos digitais em diferentes formatos: áudio, vídeo, animação e simulação computacional com certas características específicas no processo de ensino e aprendizagem”.

Diante de tantos repositórios de objetos de aprendizagem disponíveis na internet, a escolha realizada foi pela utilização das simulações interativas do Projeto *Physics Educational Technology (PhET)* da Universidade do Colorado. O que norteou minha escolha foi a divulgação científica existente em relação a estas simulações, com expressivos resultados de impacto positivo no ensino de Física (MACÊDO, 2009). Para Arantes et al. (2010) dois fatores são expressivos para a utilização destas simulações: a facilidade de acesso via internet (disponíveis de forma gratuita) e a fácil interação pelos alunos. O repositório está disponível no endereço <http://phet.colorado.edu>, Macêdo (2009, p. 105), nos expõe sobre a utilização de forma positiva desses objetos:

Este projeto é um esforço contínuo para fornecer um amplo conjunto de simulações para melhorar a maneira que a Física, Química, Biologia, Ciências da terra e Matemática são ensinadas e aprendidas. As simulações disponibilizadas são ferramentas interativas, que permitem aos estudantes fazer conexões entre a vida real e os fenômenos subjacentes da ciência, que explicam esses fenômenos. A fim de ajudar os alunos a compreender visualmente os conceitos, as

simulações utilizam diversos recursos, tais como gráficos e controles intuitivos, barras e botões.

Para esse autor, com a finalidade de incentivar ainda mais a pesquisa no ensino de ciências, especificamente a Física, as simulações também oferecem instrumentos de medição como voltímetros e termômetros. Para garantir total eficácia, validando os objetos no ensino e facilidade de utilização, as simulações são testadas e avaliadas, não somente com profissionais da área de ensino mas também, com alunos. Em termos de requisitos computacionais relacionados a *hardware*, ocorrem também vantagens expressivas, pois, todas as simulações, “são programados em Java e Flash, e podem ser executados usando um navegador da Web padrão, quando Flash e Java estão instalados” (ibidem). Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dois simuladores do *Phet*, o *Gravity Force Lab* e o *My Solar Systems*. O primeiro simulador, é utilizado para o cálculo da força gravitacional, sendo possível a alteração dos valores das massas e da distância que as separam. O segundo objeto de aprendizagem, apresenta funções como a simulação de trajetórias entre planetas e estrelas, corpos com trajetórias hiperbólicas e estrelas binárias, dentre outras. São permitidas alterações nos valores das massas dos corpos simulados e suas coordenadas. Ambos os softwares se encontram disponíveis no endereço eletrônico do *Phet*, citado anteriormente.

2.3.1.3. A utilização de planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel* para modelagem computacional

Dos softwares utilizados nesta dissertação relacionados com a modelagem e a simulação computacional, possivelmente o que se caracteriza pela constante presença no cotidiano dos discente seja o *Microsoft Excel*. É possível inferir que alunos pertencentes aos diversos níveis de ensino, desconheçam as potencialidades deste *software* no Ensino de Física, por meio de suas ferramentas para cálculos e as múltiplas possibilidades de construção gráfica (BETZ; TEIXEIRA, 2012). Conforme estes autores, alguns trabalhos são encontrados na literatura científica com a utilização de planilhas eletrônicas, como ferramenta de ensino: Barbosa, Carvalhaes e Costa (2006) propõem o

ensino dos conteúdos físicos relacionados ao pêndulo simples; Oliveira e Nápoles (2010) desenvolvem a construção de um modelo computacional para realizar estudos do movimento oscilatório, no sistema massa mola por meio do *Microsoft Excel* e o do *Openoffice* (*software* que utilizada planilhas, com distribuição gratuita)⁷; Bloch (2004, 2012) sugerem a utilização de planilhas no *Microsoft Excel* em aulas para engenheiros e cientistas.

Estes trabalhos apresentados destacam a estrutura e as ferramentas pertencente ao *Microsoft Excel* que permitem professores e alunos desenvolverem situações físicas que necessitam ser modelados computacionalmente (OLIVEIRA; NÁPOLES, 2010). Mesmo com a possibilidade da utilização do *Openoffice*, que é semelhante ao *Excel*, é comum encontrarmos nas escolas e instituições de nível superior a preferência pelo *software* desenvolvido pela *Microsoft* (BARBOSA; CARVALHAES; COSTA, 2006). Para estes autores, uma das vantagens da utilização da modelagem computacional no *Microsoft Excel*, no Ensino de Física, é a mesma destacada por Teodoro (2008) e Nascimento (2014) para o *Software Modelus*: não é necessário o aprendizado de uma linguagem de programação específica. Uma segunda vantagem é que, por mais complexo que possa parecer o tratamento computacional, para serem realizadas a maioria das modelagens no ensino (Educação Básica e Nível Superior), o pacote de instalação básico do *Microsoft Excel* é o suficiente (BLOCK, 2012). Conforme o autor, não é necessário a instalação de complementos ou ferramentas de uso da computação avançada, para o desenvolvimento da modelagem computacional.

Com o intuito de suscitar a motivação para a utilização da modelagem computacional no Ensino de Física, por meio do *Microsoft Excel*, Oliveira e Nápoles (2010) indicam os seguintes passos para se implementar um determinado modelo:

1. Observação e análise do problema a ser resolvido, de um ponto de vista da física;
2. A formulação do problema;

⁷ Download disponível em: <<http://www.openoffice.org/pt-br/>>. Acesso em: 08 de out. 2015.

3. Propor o modelo matemático: Definir a variável dependente e independente da função, os parâmetros e o domínio que será modelado, para uma correta visualização gráfica;

4. Inserir o algoritmo matemático na planilha: Deve-se ter clareza do modelo matemático que será implementado;

5. Verificar previamente o algoritmo matemático da expressão geral que será modelada e as suas soluções correspondentes;

6. Analisar cuidadosamente os resultados alcançados por meio da alteração nos parâmetros que constituem o modelo matemático e da visualização gráfica.

Diante do exposto, por meio das planilhas do *Microsoft Excel*, elaborei cinco modelos computacionais distintos para se estudar a força gravitacional (duas planilhas), o campo gravitacional (duas planilhas) e a força peso (uma planilha). As planilhas relacionadas ao estudo da força gravitacional, foram utilizadas em conjunto com o *software Gravity Force Lab* do *PHET*, cujo objetivo converge com os destas planilhas. Dentre os dois *softwares* (*Excel* e *OpenOffice*) disponíveis na instituição de ensino, onde foi desenvolvida a intervenção pedagógica, após consulta realizada ao corpo docente e discente, decidi pela utilização do *Microsoft Excel*.

Em relação aos alunos participantes da pesquisa, que corresponderam a uma turma de PROEJA, no tópico a seguir, faço uma exposição e inferências sobre este público que corresponde a uma interseção: A Educação de Jovens e Adultos e a Educação Profissional.

2.4. O PROEJA

A Lei Federal 11.741 de 16 de julho de 2008⁸, alterou dispositivos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996⁹, a qual acrescentou as formas de ofertas da Educação Profissional Técnica de nível médio, chamando-as de Articulada e Subsequente. A forma articulada, subdivide-se em concomitante e integrada ao nível médio. A forma integrada é

⁸ Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11741.htm>. Acesso em: 09 set. 2014.

⁹ Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: Acesso em: 09 set. 2014.

ofertada para os alunos que já concluíram o ensino fundamental, em que o aluno cursará o ensino médio e a educação profissional ao mesmo tempo, em mesmo turno e com uma única matrícula.

A forma concomitante é aquela ofertada para o aluno que já concluiu o ensino fundamental, ingressando ao nível médio para realizar o curso técnico, mas diferentemente da forma integrada, o aluno poderá cursar o ensino médio em uma instituição e o técnico em outra (concomitante externo) (PARÁ, 2009). É possível também estudar na mesma instituição com matrículas distintas (concomitante interno), ou ainda, já está realizando o ensino médio e ingressar apenas para estudar no curso técnico (sendo ambas as possibilidades em turnos e matrículas distintas) (ibidem). A forma Subsequente é aquela ofertada para quem já concluiu o ensino médio e irá apenas cursar o nível técnico.

O PROEJA, para o ensino médio, caracteriza-se, enquanto oferta, na forma Integrada, específica para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), um público com idade igual ou superior a 18 anos (BRASIL, 2007). Estes alunos devem já ter concluído o ensino fundamental, realizando o curso técnico e o ensino médio, com uma única matrícula e mesmo turno. Na Rede Pública Estadual do Pará, os turnos podem ser vespertino ou noturno. Visar uma formação inicial e continuada de trabalhadores por meio da educação profissional técnica, de forma integrada é como se apresenta o PROEJA numa perspectiva de política pública (PARÁ, 2009).

Os alunos do PROEJA têm encontrado muitas dificuldades para a continuidade de suas atividades discentes e, em permanecer no ambiente escolar, sendo estes fatos objetos de estudos (ALMEIDA, 2008). A evasão destes alunos das salas de aula é um fator preocupante, pois em pesquisas realizadas, os principais fatores apontados como causas da evasão aparecem como sendo: o mercado de trabalho em que os mesmos já se encontram inseridos, problemas familiares, dificuldades no acesso à escola devido a sua localização, falta de professores e a ausência de uma metodologia adequada aos mesmos (Ibidem).

Pereira (2011) ao dissertar sobre a influência dos processos de ensino e aprendizagem, como fator de permanência no ambiente escolar, aborda a importância de um trabalho pedagógico que leve em conta as especificidades do PROEJA. Os principais motivos que fazem com que os alunos permaneçam

nos diversos cursos estão relacionados às atividades pedagógicas que os ajudam a superar as dificuldades de aprendizagem. Esta superação ocorre por meio da contextualização dos conteúdos, realizada pelos professores, fazendo com que o assunto científico tenha real sentido na vida do aluno (ibidem). Ao fim do curso técnico, espera-se que possam ter melhores condições de trabalho, com aumento de remuneração e também a possibilidade de ingresso ao ensino superior (PARÁ, 2010).

Almeida (2008, p. 44) se refere ao PROEJA, como um campo complexo e vasto em pesquisas a serem realizadas:

O desenvolvimento do PROEJA desenha então, uma grande oportunidade para sua exploração como espaço aberto à pesquisa, a experimentação pedagógica, à produção de materiais didáticos e a formação especializada de profissionais da educação. Outra questão relevante é a mudança conceitual que houve na forma de entender a EJA, que representa a superação do modelo anterior que forçava as práticas do Ensino Supletivo, há o desafio de inovar na educação profissional mediante essa combinação curricular.

A experimentação pedagógica, a produção de materiais didáticos, a busca de metodologias no Ensino de Física para o PROEJA, destacado pelo autor anterior, são fatores que norteiam esta dissertação. E para isto, é necessário o desenvolvimento de uma revisão de literatura, que apresento no próximo subcapítulo.

2.5. Revisão da literatura

Em uma pesquisa, a revisão de literatura é de fundamental importância para o seu desenvolvimento e permite a conexão entre o tema estudado e as publicações já disponíveis, dando a possibilidade de, após uma análise de trabalhos já referenciados cientificamente, verificar possíveis contribuições sobre um determinado tema ou problema (CERVO, BERVIAN, 2004). Sendo assim, para a presente revisão de literatura, utilizei os seguintes critérios: (1) trabalhos disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior); (2) com as palavras-chave: “PROEJA”, “ensino”, “aprendizagem” e “tecnologia”; (3) publicações dos últimos cinco anos (período de 2010 a 2015) e (4) apenas dissertações e teses. Com estes critérios de seleção, esta revisão permitiu encontrar 4 trabalhos, sendo

eles duas dissertações de mestrado e duas teses de doutorado. Ressalta-se que com as palavras-chave “ensino de física”, “estações do ano” e “tecnologias”, combinadas simultaneamente, o resultado da busca foi nulo, o que sugere que a presente dissertação desenvolveu um trabalho inédito no ensino de Física, na temática de estações do ano e com o público do PROEJA, até o momento.

Percebi que o ensino para o PROEJA, por meio de ferramentas tecnológicas, tem sido proposto com a utilização das TIC. Santos (2011) apresentou em sua dissertação de mestrado uma proposta de materiais didáticos para o ensino de língua estrangeira (inglês), direcionado aos alunos do PROEJA, no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Aruaçu. Esses materiais foram elaborados observando os princípios da Abordagem Comunicativa, do ensino de Línguas baseado em tarefas e do ensino de Línguas para fins específicos. A pesquisa realizada adotou uma abordagem qualitativa, com a realização de um estudo de caso. Os resultados obtidos indicaram que os materiais construídos favoreceram o ensino centrado nos alunos, estimulando o interesse na disciplina e envolvendo-os em um processo de experimentação, foco da teoria citada.

Noro (2011), em sua dissertação de mestrado em educação, desenvolveu uma pesquisa problematizando a gestão escolar em termos do acesso, permanência e evasão dos alunos do PROEJA, bem como as situações de sucesso dos discentes. A pesquisa foi realizada no campus Sapucaia do Sul do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul Rio-Grandense e se caracterizou como uma pesquisa qualitativa, coletando dados por meio de um grupo focal e da realização de reuniões com a equipe escolar. A dissertação apontou como resultado que a forma fragmentada com que se apresenta a organização curricular para o PROEJA, é um dos maiores fatores que dificultam o processo de aprendizagem dos alunos, pois desconsidera as particularidades associadas ao discente trabalhador, que retorna as aulas após um longo período de trabalho. Essa fragmentação é apontada também como um dos fatores de maior relevância para a evasão dos discentes.

Em sua tese de doutorado, Fernandes (2012) realizou uma pesquisa para identificar de que forma seria possível a utilização das tecnologias da

informação e comunicação (TIC) como ferramentas tecnológicas no processo de ensino e aprendizagem dos alunos do PROEJA, em diversas disciplinas curriculares, do campus São Paulo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Inicialmente a autora procurou compreender os significados de integração e currículo e como as TIC se apresentariam imersas nessas temáticas na educação profissional. Na etapa conseqüente foi criado um contexto crítico colaborativo com professores de diversas disciplinas para que, em um processo democrático, fosse possível a elaboração de novos significados em relação a integração das TIC ao currículo do PROEJA. Para o desenvolvimento da tese, os subsídios teóricos e metodológicos apresentaram-se por meio de análise documental e da Pesquisa Crítica de Colaboração juntos aos professores pesquisados. Assim, foi possível verificar a necessidade da interação entre conhecimentos teóricos e práticos ao se abordar as TIC e, potencializar o discente do PROEJA como sujeito ativo dentro do processo de construção do conhecimento.

Em outro trabalho encontrado, Leite (2012) buscou analisar, em sua tese, de que forma os estudantes egressos do PROEJA, do Instituto Federal Fluminense de Educação, Ciência e Tecnologia, campus Macaé/RJ, compreendem e utilizam as TIC no seu saber-fazer, diante de uma sociedade cada vez mais complexa em termos tecnológicos. A investigação ocorreu por meio do acompanhamento de grupos virtuais de aprendizagem, com o intuito de verificar nos egressos, a maneira como utilizam ou não as TIC, seja no campo profissional ou pessoal deles. Como alicerces para o desenvolvimento da tese, foram utilizadas a pedagogia dialógica de Paulo Freire e a proposta de Edgar Morin, relacionado a inserção do aluno em uma sociedade em constante evolução tecnológica. A pesquisa realizada se desenvolveu na forma qualitativa com um estudo de caso, em que foi realizado um acompanhamento rigoroso e contínuo de grupos de alunos egressos. Verificou-se que, mesmo que os discentes constituíssem imigrantes digitais, com resistência ao uso de computadores, a maioria dos investigados desenvolveu e incorporou as TIC em atividades cotidianas, desde o lazer até o desenvolvimento profissional.

Por fim, percebi que as pesquisas apresentadas (dissertações e teses) foram desenvolvidas com alunos do PROEJA da rede Federal de Educação Profissional e, nenhuma ocorreu especificamente no ensino de Física. A tese

de Fernandes (2012), abordou a utilização da tecnologia educacional para todas as disciplinas pertencentes ao currículo do PROEJA, não enfatizando o Ensino de Física. Os resultados apontam para a utilização de tecnologias como um fator potencial e positivo, indo ao encontro da temática deste trabalho.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Apresento neste capítulo os procedimentos metodológicos que orientam a presente pesquisa. Em caracterização da pesquisa, apresento o tipo de pesquisa realizada, com a realização de um estudo de caso por meio de uma intervenção pedagógica. Na sequência, apresento o campo de investigação e os sujeitos da pesquisa, onde especifico a escola e a turma do PROEJA participante da pesquisa. Posterior a este ponto, descrevo os instrumentos de coleta de dados, onde detalho os apêndices e anexos que compõem esta pesquisa. Na sequência, apresento a descrição das atividades que foram realizadas na intervenção pedagógica durante as aulas de estações do ano.

3.1. Caracterização da pesquisa

Conforme Gil (2002, p. 17), a pesquisa é “[...] o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. O autor diz que, quando as informações relacionadas a um problema estão dispostas e caracterizadas de forma insuficiente em relação a uma resposta dada a um determinado problema, tem-se então a necessidade de se realizar uma pesquisa. Para realizar esta dissertação, em busca de possíveis respostas em relação ao ensino de Física por meio de ferramentas tecnológicas, alicersei-me em pressupostos da pesquisa qualitativa, por meio de um estudo de caso, tendo em vista a sua caracterização permitir uma visão investigativa ampla, por meio de um estudo cujas nuances verificadas podem ser de um único, de poucos ou de vários objetos de estudo (GIL, 1996). Conforme Moreira (2009, p. 6-7), quando se realiza a pesquisa qualitativa, o objetivo está em:

[...] uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos a suas ações em uma realidade socialmente construída, através de observação participativa, isto é, o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de natureza qualitativa e analisados correspondentemente.

Na mesma linha de pensamento, Erickson (1986) sugere que a pesquisa qualitativa tem por interesse indicar o significado humano em um contexto social e sua elucidação e exposição pelo pesquisador. Para o autor, o pesquisador deve ter uma forte inserção junto ao espaço social pesquisado e,

de forma cautelosa, registrar o que ocorre durante a pesquisa, por meio de fontes diversificadas como anotações, entrevistas, diários de campo, gravações de áudio e vídeo, por exemplo. Por fim, deve-se realizar uma análise imparcial utilizando narrativas e transcrições literais captadas dos participantes da pesquisa durante o período de investigação. Diante desta lógica, apresento no próximo capítulo, as descrições e interpretações realizadas, mediante os registros realizados durante toda a pesquisa, no ensino de Física, por meio de ferramentas tecnológicas. Apresento também trechos das atividades realizadas pelos alunos, com a utilização dos objetos de aprendizagens do *PHET*, do *Microsoft Excel* e do *software Modellus*.

A pesquisa qualitativa realizada nesta dissertação ocorreu por meio de um estudo de caso, o que conforme André (1998), permite que os conhecimentos gerados por esse estudo, tenham um valor em si mesmo, não constituindo um método específico de pesquisa, mas uma forma particular de observação. Em geral, as técnicas de coleta de dados são as usadas nos estudos sociológicos ou antropológicos em que não são as técnicas que definem o tipo de estudo, e sim o conhecimento que delas advém. Nessa perspectiva para a autora também enfatiza que: “Estudo de caso não é uma escolha metodológica, mas uma escolha do objeto a ser estudado”, ou seja, não é um método específico, mas um tipo de conhecimento (ANDRÉ, 1998, p. 16).

Assim o conhecimento suscitado a partir do estudo de caso difere daquele produzido por meio de outras formas de pesquisas (ibidem). Para essa autora é um estudo concreto e com maior contextualização, direcionado para a interpretação do leitor e alicerçado em populações de referências determinadas pelo leitor. Nessa perspectiva, Merriam apud André (2005) destaca quatro características essenciais presentes na pesquisa realizada pelo estudo de caso:

- 1 – Particularidade: O estudo de caso focaliza uma situação, um fenômeno particular, tornando-o um tipo de estudo adequado para investigar problemas práticos;

- 2 – Descrição: Pelo fato do detalhamento completo e literal da situação investigada;

3 - Heurística: Refere-se à ideia de que o estudo de caso ilumina a compreensão do leitor sobre o fenômeno estudado, podendo revelar a descoberta de novos significados, estender a experiência do leitor ou confirmar o já conhecido;

4 – Indução: Em sua maioria, os estudos de caso se baseiam na lógica indutiva, em que se inicia pela observação de fatos particulares, específicos, em busca de uma proposição geral, para que depois as hipóteses sejam confirmadas.

Nessa lógica André apud Moreira e Rosa (2009, p. 8), abordam o pensamento que:

A pesquisa qualitativa é chamada também naturalista porque não envolve manipulação de variáveis, nem tratamento experimental (é o estudo do fenômeno em seu acontecer natural); fenomenológica porque enfatiza os aspectos subjetivos do comportamento humano, o mundo do sujeito, suas experiências cotidianas, suas interações sociais e os significados que dá a essas experiências e interações; interacionista simbólica porque toma como pressuposto que a experiência humana é mediada pela interpretação, a qual não se dá de forma autônoma, mas na medida em que o indivíduo interage com outro, é por meio de interações sociais como vão sendo construídas as interpretações, os significados, a visão de realidade do sujeito.

Na medida em que esta investigação envolveu uma intervenção pedagógica em um contexto real de sala de aula, onde se desenvolveram os processos de ensino e de aprendizagem, entendo que esta perspectiva da abordagem qualitativa é a mais coerente com o tipo de estudo desenvolvido. Assim como norteia Vergara (2004), em relação aos fins de investigação, esta pesquisa foi definida como intervencionista, já que a mesma teve como foco principal se interpor e interferir na realidade dos alunos estudados, a fim de que ocorresse a possibilidade de modificá-la durante todo o decorrer do processo.

3.2. Campo de investigação e os sujeitos da pesquisa

O estado do Pará, cuja capital é a cidade de Belém, apresenta uma população estimada em agosto de 2014, de 8.073.924 habitantes, distribuídos em 144 municípios totalizando um território cuja área é de 1.247.954,666 km². A população estimada da capital é de 1.432.844 habitantes e sua área territorial é de 1.059,406 km², conforme *site* do Instituto Brasileiro de Geografia

e estatística (IBGE)¹⁰. De acordo com a Lei Municipal nº 7.682, de 05 de Janeiro de 1994¹¹, Belém possui uma divisão político-administrativa em oito distritos, sendo um destes o de Icoaraci, onde está localizada a Escola Estadual de Educação Tecnológica, onde a pesquisa foi realizada, na Avenida Monsenhor José Maria Azevedo, S/N, no Bairro da Campina, distanciada cerca de 20 km do centro de Belém. Atualmente oferta os cursos técnicos em Informática, Manutenção e Suporte em Informática, Hospedagem e Design de Interiores. Destes cursos, na forma PROEJA, temos o Técnico em Informática e Manutenção e Suporte em Informática.

A escola atende um total de 1000 alunos, nos turnos matutino, vespertino e noturno, tendo em seu quadro de lotação escolar 64 funcionários entre gestores, coordenadores de cursos, professores, coordenadores pedagógicos e apoio. A gestão escolar é composta por uma diretora, dois vices diretores, três coordenadores de cursos técnicos, um coordenador de estágio (coordenador de integração), uma secretária escolar e três coordenadores pedagógicos.

Segundo o Projeto Político Pedagógico da Escola (PPP), a maioria dos alunos é de classe econômica baixa, filhos de pais separados e muitas vezes desempregados, cuja escolaridade da maioria, não excede o Ensino Fundamental. A escola iniciou suas atividades em agosto de 2008. Inicialmente, ofertou os cursos de Informática, Design de Interiores, Turismo e Hospedagem e Artesanato, cursos estes voltados para as demandas do distrito onde a escola está instalada, escolhidos em assembleia pública pela população para fortalecer a qualidade do ensino na região em uma perspectiva de nível médio integrado ao ensino técnico ou de nível pós-médio. Neste contexto, a escola consegue realizar a aproximação entre o saber propedêutico e o saber técnico por considerar que teoria e prática são caminhos que não devem ser separados (PARÁ, 2009). Os alunos participantes da pesquisa são de uma turma do PROEJA, pertencentes ao curso técnico em informática, que iniciaram suas atividades escolares em 2014, ingressando por meio de

¹⁰ Disponível em:

<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2014/estimativa_dou_2014.pdf>. Acesso em: 07 Mai. 2015.

¹¹ Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/segep/download/leis/lei_distritos.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2014.

processo seletivo, totalizando trinta participantes, com faixa etária entre vinte e cinco e cinquenta e cinco anos.

3.1 Instrumentos de coletas de dados

Para que esta pesquisa ocorresse, observei e executei a exigência de entrega do Termo de Concordância da Direção da Instituição de Ensino (Apêndice A) e do Termo de Consentimento Livre Esclarecido para os alunos (Apêndice B), totalizando a princípio, trinta e nove participantes. Destes, trinta alunos chegaram ao fim da pesquisa. Durante todo o processo de intervenção, estive em busca de indícios de aprendizagem significativa e, para que isto ocorresse, iniciei a pesquisa com a realização de um pré-teste semiestruturado (Apêndice C) para verificar os conhecimentos prévios dos alunos e orientar o desenvolvimento das aulas seguintes.

A aplicação deste primeiro questionário ocorreu no primeiro encontro (primeira aula), antes do início das abordagens necessárias para o desenvolvimento da temática das estações do ano. Esta atividade inicial foi estruturada conforme os alicerces científicos norteados por Nussbaum e Novak (1976), Nussbaum (1979), Nardi e Carvalho (1996) e Gonzatti (2008), com questões adaptadas destes autores, e disponíveis na literatura científica, para se verificar os conceitos de Terra como um corpo cósmico. Ao fim, ocorreu a realização de um (Apêndice D).

Para Moreira e Rosa (2007) os questionários utilizados na área de ensino de Ciências e Matemática, durante uma intervenção pedagógica, constituem uma das ferramentas mais utilizadas nessas pesquisas e são classificadas em dois grupos, o fechado e o aberto:

O primeiro, chamado de **questionário restrito** ou de **forma fechada**, é formado por aqueles questionários que pedem respostas curtas, do tipo sim ou não, ou do tipo de marcar itens de uma lista de respostas sugeridas, etc. Ao segundo grupo, chamado de **aberto**, pertencem aqueles questionários que pedem aos respondentes que usem suas próprias palavras (oralmente ou por escrito) para responderem aos itens do questionário (op. cit., p. 17)

As atividades do pré-teste semiestruturado e do pós-teste apresentaram questões abertas (analítico-expositivas) e fechadas (objetivas). Para as

questões pertencentes aos roteiros de atividades nas aulas, as questões foram abertas.

Como instrumentos de auxílio para buscar percepções e evidências de aprendizagem, inspirei-me em Erickson (1986), utilizando-me de gravações de áudio, entrevistas e a o diário de campo. Quanto ao diário, foi onde realizei as constantes observações durante a intervenção pedagógica e que, conforme Lima, Mito e Dal Prá (2007, p. 98) é definido da seguinte maneira:

O diário de campo, na maioria das vezes, é considerado como uma forma de agenda de tarefas, como um caderno de observações e relatos pontuais de atendimentos individuais, ou ainda, como um breve relatório descritivo da intervenção e da realidade.

Após a etapa inicial de verificação e as aulas iniciais da intervenção pedagógica (organizadores prévios), foram desenvolvidas quatro atividades: duas referentes às simulações computacionais e duas em relação à modelagem computacional.

3.2 Descrição das atividades realizadas

Após conversar com a direção escolar e ter obtido a devida autorização para realizar a pesquisa, na mesma semana conversei com a turma do PROEJA 2014, e fiz o convite para a participação na pesquisa. Na semana seguinte, entreguei o Termo de Consentimento Livre Esclarecido e realizei a aplicação do pré-teste semiestruturado. Nas autorizações solicitadas, tanto da direção escolar quanto dos alunos, assegurei o anonimato dos participantes, nos resultados dos dados obtidos. Então, irei me referir a cada um dos alunos da seguinte maneira: Aluno 1, como **A1**, Aluno 2, como **A2** e assim sucessivamente, em que os termos “alunos” substituem o nome deles e o número é o atribuído conforme a ordem alfabética. Ressalta-se também que nenhum dos alunos solicitou a sua retirada da pesquisa. Com o posterior abandono de nove alunos, não apenas da pesquisa, mas da escola, por motivos relacionados a trabalho, escrevi a numeração dos trinta discentes que chegaram até o fim da pesquisa, mantendo o critério de ordem alfabética. A seguir (Quadro 2), descrevo os procedimentos utilizados nesta dissertação e seus períodos de realizações:

Quadro 2 - Procedimentos iniciais realizados na pesquisa

Procedimentos	Período	Informação
Pedido de autorização para realização da pesquisa por parte da instituição de ensino (de forma verbal).	Junho de 2014	Reunião realizada com a Direção da Instituição de Ensino para verificação da possibilidade de realização da pesquisa com os alunos do PROEJA.
Pedido de autorização para realização da pesquisa por parte da instituição de ensino (de forma escrita).	Outubro de 2014	Solicitação à Direção da Instituição de Ensino, por meio do Termo de Concordância da Direção da Instituição de Ensino e da utilização do laboratório de informática pelo período necessário de pesquisa.
Convite a turma do PROEJA 2014 para participação na pesquisa.	Outubro de 2014	Após a autorização por parte da gestão escolar, conversei com os alunos e expliquei sobre como ocorreria a pesquisa e da necessidade das autorizações por escritas deles.
Entrega dos Termos de Consentimento Livre Esclarecidos.	1º Encontro da intervenção pedagógica	Entreguei o Termo de Consentimento Livre Esclarecido e fiz a leitura com os alunos, recolhendo na sequência.
Aplicação do Pré-teste semiestruturado.	1º encontro da intervenção pedagógica	Após a assinatura da autorização dos alunos, foi entregue o pré-teste semiestruturado e lido com os alunos.
Aulas realizadas como organizador prévio.	Do 2º ao 5º encontro da intervenção pedagógica	Foram realizadas aulas introdutórias com os alunos, antes da apresentação das atividades com ferramentas tecnológicas.
Aulas realizadas com a utilização de simulação e modelagem computacional.	Do 6º ao 9º encontro da intervenção pedagógica	Aulas em que foram utilizadas atividades de simulação e modelagem computacional.
Realização do pós-teste.	No 10º encontro da intervenção pedagógica	Após dois meses e meio de intervenção pedagógica, os alunos realizaram o pós-teste de forma individual e sem consulta.

Fonte: Do autor, 2015.

Após a realização do pré-teste semiestruturado as quatro semanas subsequentes foram destinadas para trabalhar conhecimentos relacionados à

concepção de Terra como um corpo cósmico, correspondendo aos organizadores prévios. Os tópicos abordados foram de Leis de Newton, Terra esférica, Latitude, Longitude e Introdução à Lei da Gravitação Universal.

Na sequência didática após as primeiras aulas expositivas, iniciei os encontros para utilização das ferramentas tecnológicas (modelagem e simulação computacional). A partir da sexta aula até a nona, todas ocorreram no laboratório de informática onde abordei os tópicos de Lei da Gravitação Universal, aceleração da gravidade, força peso, Leis de Kepler e as estações do ano. No nono encontro, também realizei uma atividade de demonstração prática com o intuito de exemplificar a insolação solar na Terra e suas posições durante o movimento de translação, nos Solstícios e Equinócios. No Quadro 3 apresento as atividades desenvolvidas, conforme planejamento da intervenção pedagógica.

Quadro 3 - Descrição das atividades de simulação e modelagem computacional

Período de realização	Atividade	Estratégias de Ensino	Conteúdos físicos
4h / aula	Aula prática de exploração da simulação e modelagem: Força Gravitacional e aceleração da gravidade.	Simulação computacional utilizando o <i>Software Gravity Force Lab</i> e a modelagem computacional por meio do <i>software</i> de planilha eletrônica <i>Microsoft Excel</i> .	- Lei da Gravitação Universal de Newton - Aceleração da gravidade
4h / aula	Aula prática de exploração da modelagem: Força peso e Aceleração da gravidade e	Modelagem computacional utilizando o <i>Software</i> de planilha eletrônica <i>Microsoft Excel</i> .	- Força peso - Aceleração da gravidade
4h / aula	Aula prática de exploração da simulação: Lei da Gravitação Universal e Leis de Kepler.	Simulação Computacional utilizando o <i>Software My Solar Systems</i> .	- Leis de Kepler - Lei da Gravitação Universal
4h / aula	Aula prática de exploração da modelagem: As estações do ano.	Modelagem Computacional utilizando o <i>software Modellus</i> .	- Estações do ano

Fonte: Do autor, 2015.

Posso inferir que a pesquisa apresentada nesta dissertação, apresentou-se organizada em três partes, conforme descrevo a seguir:

1º Pré-teste Semiestruturado (APÊNDICE C): Foi aplicado antes do início das aulas referentes a intervenção pedagógica, com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos relacionados a temática de Terra como um corpo cósmico. Os resultados obtidos, nortearam o desenvolvimento da intervenção.

2º Prática pedagógica da pesquisa (APÊNDICES E, F, G e H): Foram desenvolvidas quatro atividades no total, sendo elas duas de simulações computacional por meio dos objetos virtuais do *PHET* e duas de modelagem computacional, utilizando o *Microsoft Excel* e o *software Modellus*.

3º Pós-teste (APÊNDICE D): Foi aplicado no último encontro da intervenção pedagógica, tendo a função de ser um instrumento de avaliação com questões diferentes das realizadas pelos alunos. A ideia foi de verificar, em um novo contexto de questionamento, a capacidade de resolução dos discentes. Ao fim das aulas que constituíram a intervenção pedagógica, realizei no décimo encontro a aplicação do pós-teste. Não foi permitido ao aluno a utilização de qualquer instrumento para consulta, como apostilas, cadernos, anotações, smartphones, etc.

Durante os encontros que ocorreram com a utilização das ferramentas tecnológicas, foram realizados questionários semiestruturados, contendo perguntas abertas. Os resultados apresentados durante toda a pesquisa são apresentados no próximo capítulo: a análise de dados.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo apresento os resultados qualitativos obtidos durante o processo de intervenção pedagógica. Inicialmente, apresento a análise realizada em relação ao questionário semiestruturado, o qual teve a função de verificar se os alunos apresentavam os subsunçores necessários para o estudo do fenômeno das estações do ano.

Na sequência, apresento a descrição das aulas realizadas com a utilização de ferramentas tecnológicas auxiliadas pelos roteiros de atividades elaborados para utilização dos *softwares*, concomitantemente com as discussões dos possíveis indícios de aprendizagem demonstrados pelos alunos.

Por fim, apresento a análise do pós-teste realizado, o que constituiu o último instrumento de avaliação da intervenção pedagógica, dos possíveis indícios de aprendizagem pelos alunos em relação ao tema das estações. Ressalto que, para auxiliar a demonstração dos resultados obtidos na análise qualitativa, apresento gráficos (elaborados no *Microsoft Excel 2013*) que refletem a frequência das respostas dos alunos em algumas questões.

4.1. Análise dos conhecimentos prévios dos alunos

Para investigar as concepções dos discentes quanto aos subsunçores necessários para as abordagens da temática de estações do ano, foi realizado o primeiro instrumento de coleta de dados: o pré-teste semiestruturado (Apêndice C). As respostas dos alunos foram categorizadas conforme os níveis apresentados no questionário semiestruturado, isto é, desde respostas ingênuas e não coerentes com os atuais modelos científicos até respostas cientificamente aceitas como corretas ou próximas. Para isso, as categorizações foram inspiradas nos trabalhos de Nussbaum e Novak (1976), Nussbaum (1979), Nardi e Carvalho (1996) e Gonzatti (2008). Para as avaliações das concepções sobre Terra cósmica, foram adotados três níveis.

O nível 1 (N1) corresponde às concepções ingênuas dos alunos, por exemplo, mesmo que haja a concepção de Terra com formato esférico, o discente não estabelece conexão com a gravidade, ou seja, a ação

gravitacional é ignorada. Em relação a este nível, Gonzatti (2008, p. 75) cita como exemplo a seguinte descrição: “De acordo com essa visão, objetos em queda têm um sentido preferencial e absoluto, que é sempre para baixo, desconsiderando o referencial do lugar em que estão”. Em um ponto de vista ingênuo, imaturo cientificamente, os alunos analisam os fenômenos naturais considerando a Terra de forma absoluta e isolada de interações com os demais corpos cósmicos.

O nível 2 (N2), corresponde ao nível intermediário, pode apresentar ainda características do nível 1 (N1), em que o aluno, mesmo com a concepção de Terra esférica, entende que o chão é apenas o que está abaixo de seus pés, e os habitantes viveriam apenas da metade para cima em nosso planeta (GONZATTI, 2008).

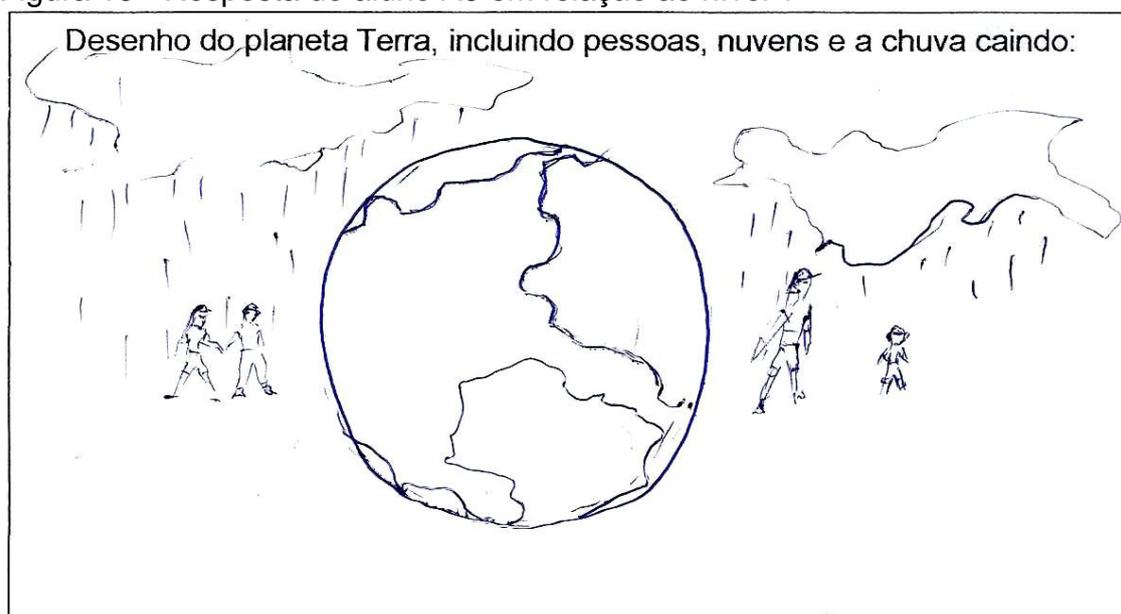
O nível 3 (N3), refere-se àquele em que os alunos já possuem em sua estrutura cognitiva subsunçores alicerçados nos atuais modelos científicos ou são conhecedores de informações próximas a esses modelos, por exemplo (ibidem). Diante destas categorias, a seguir apresento a análise das questões do questionário semiestruturado.

A primeira questão, estabelecia a suposição do aluno se colocar no lugar de um astronauta, em uma nave, orbitando a Terra, para que pudesse expor a visão que ele tem sobre o formato do nosso planeta. Sendo assim, foi solicitado que fosse feito o desenho da Terra. Na sequência, solicitava-se que fossem feitos novos desenhos, agora, do planeta, com pessoas na superfície, nuvens e a chuva. A intenção foi buscar informações em relação as concepções presentes na estrutura cognitiva do aluno relacionada aos conceitos de Terra esférica e gravidade.

Os trinta alunos participantes responderam com desenhos de forma aparentemente coerente com o nível 3. Quanto às respostas da segunda fase, quinze alunos (50%) apresentaram desenhos condizentes com o nível 1, como podemos verificar nas Figuras 15, 16 e 17. Os desenhos feitos pelos alunos demonstram o desconhecimento em relação ao fato da Terra ser um corpo que é fonte de campo gravitacional, conseqüentemente, desprezando a ação gravitacional proporcionada pela interação com outros corpos (NUSSBAUM; NOVAK, 1976). Características como nuvens, chuva e/ou pessoas desenhadas fora da Terra, entre outros, indicam um desconhecimento em relação ao

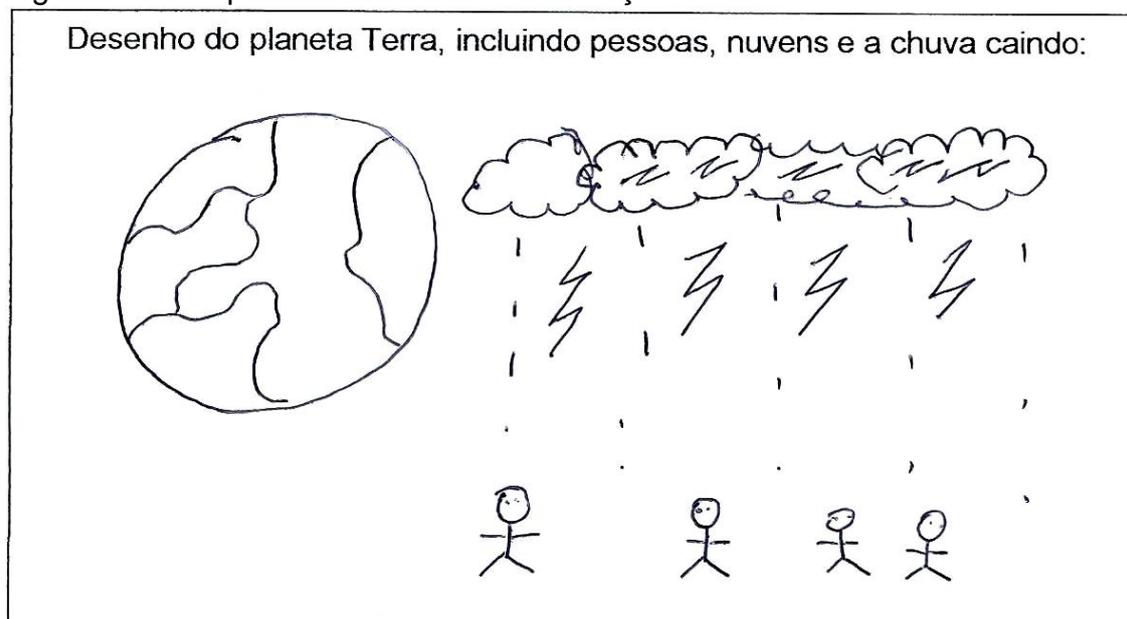
conceito de aceleração da gravidade e força gravitacional. Os alunos **A6** (Figura 15) e **A14** (Figura 16) desenharam pessoas caminhando ou estáticas no espaço sideral com a chuva sobre elas, enquanto passeiam. Esta situação se repete para as nuvens e a chuva na resposta do Aluno **A27** (Figura 17), em que as pessoas foram representadas sobre o planeta. Contudo, mesmo a Terra sendo retratada de forma esférica, novamente as interações gravitacionais foram ignoradas.

Figura 15 - Resposta do aluno A6 em relação ao nível 1



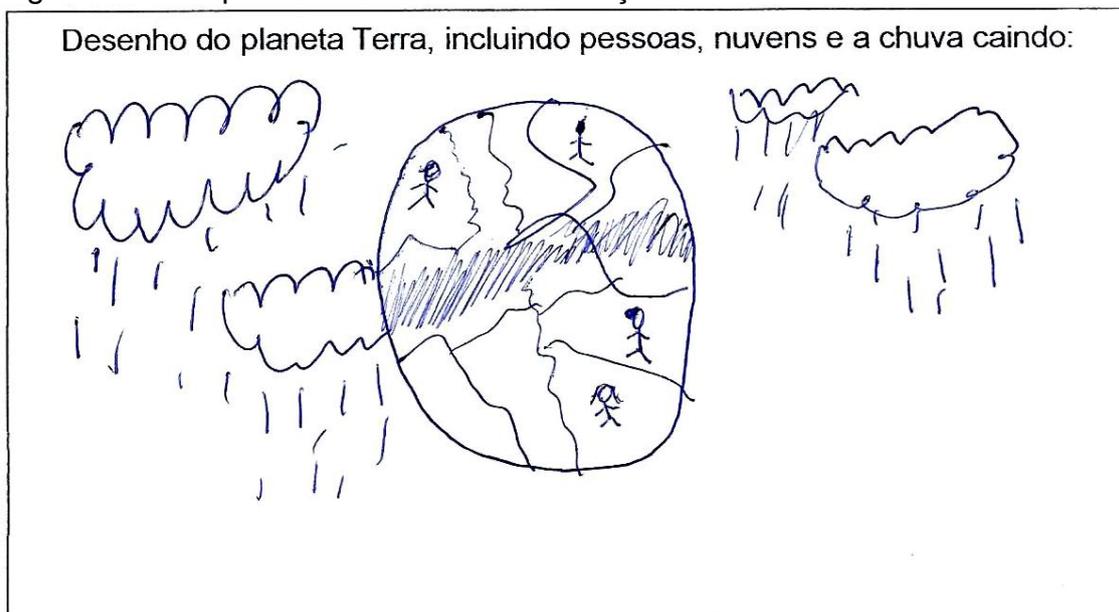
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 16 - Resposta do aluno A14 em relação ao nível 1



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 17 - Resposta do aluno A27 em relação ao nível 1



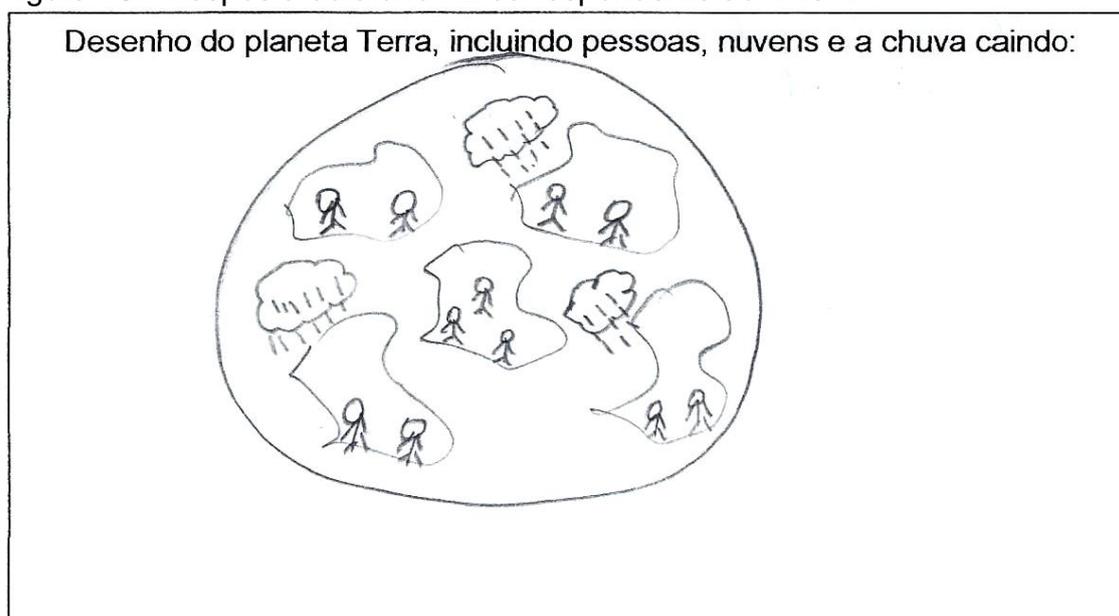
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Diante das respostas dos alunos, percebi que as suas concepções prévias estão em conformidade com o descrito por Nussbaum e Novak (1976) e Nardi e Carvalho (1996). Para esses autores, não há conexão entre o formato da Terra e as suas interações gravitacionais com os demais corpos e, o estabelecimento de sentido de queda (de cima para baixo) para corpos desenhados no espaço (que deveriam ter sido desenhados interagindo com a Terra), como o que ocorreu com a chuva nas representações.

Em relação às respostas características ao nível 2, quatorze alunos (46,67%) apresentaram seus desenhos, em que destaco as Figuras 18, 19 e 20 e um aluno (3,33%) apresentou concepções prévias próximas de um modelo científico, coerente com o nível 3 (Figura 21). Para o nível 2 os desenhos realizados pelos alunos de pessoas, nuvens e chuva demonstram interação gravitacional com a Terra esférica, mas não apresentam ainda coerência científica. Nas respostas consideradas de nível 2, os desenhos realizados demonstram interação gravitacional com a Terra esférica, mas não apresentam ainda coerência científica: Os alunos **A2** (Figura 18) e **A28** (Figura 19), apresentaram os desenhos das pessoas em relação à Terra indicando que se encontram apenas na parte de cima do planeta, desconsiderando a superfície

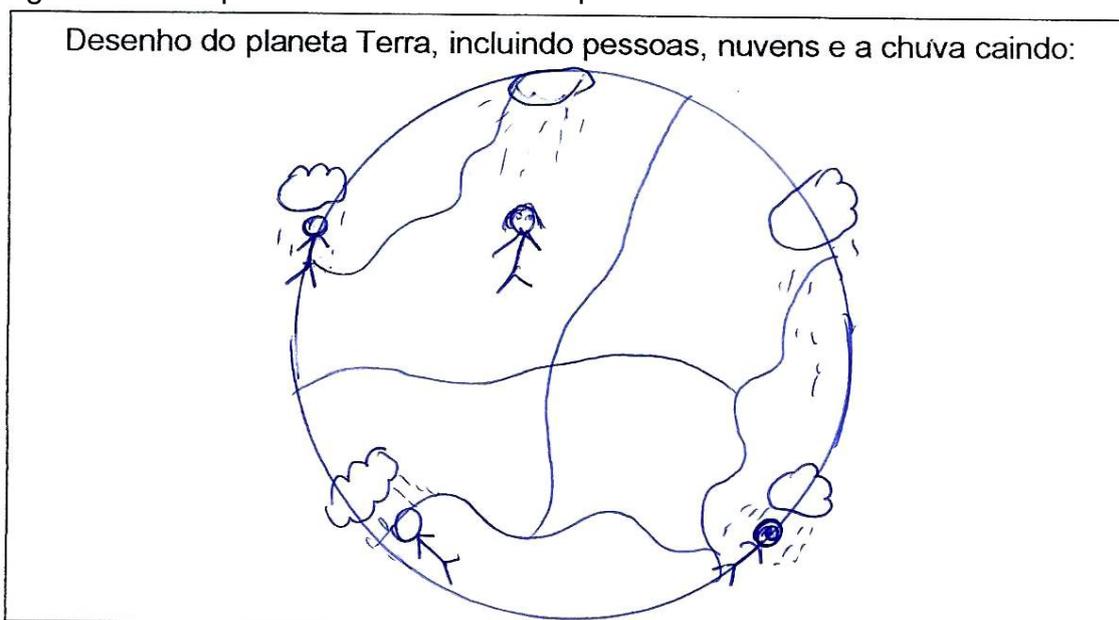
da Terra. No caso da Figura 20, as nuvens, chuva e pessoas demonstram uma tentativa do aluno **A4**, de representar uma coerência entre a forma da Terra e a interação gravitacional, mas ainda sem sucesso. Conforme Baxter (1995), os alunos com essas concepções do nível 2 não apresentam a capacidade de argumentar, por exemplo, como seria a posição de uma pessoa no Ártico e na Antártida.

Figura 18 - Resposta do aluno A2 correspondente ao nível 2



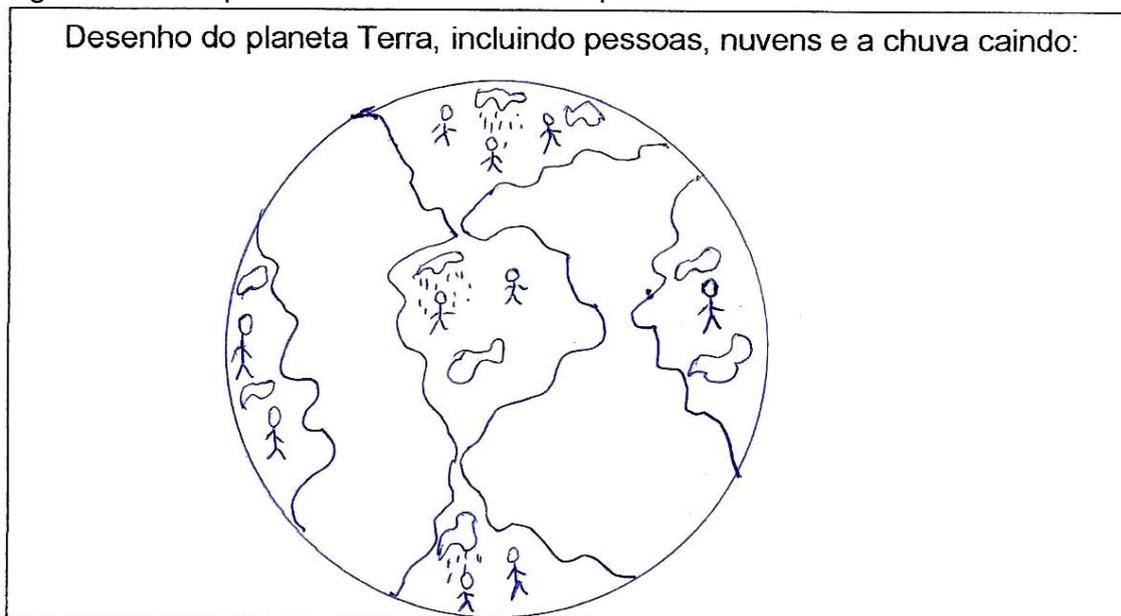
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 19 - Resposta do aluno A4 correspondente ao nível 2



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 20 - Resposta do aluno A28 correspondente ao nível 2



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O aluno **A10**, apresentou sua resposta de forma característica com o nível 3 (Figura 21), em que a disposição dos continentes representados, as nuvens e as pessoas, são retratados de forma próxima a um modelo coerente cientificamente, devido ao fato de suas ilustrações acompanharem a curvatura da Terra. Apesar de coerência até aqui, o discente não manteve a linearidade na representação da chuva (na América do Norte e Sul) e do relâmpago desenhado na América do Sul, divergindo na direção que se encontram. Com estes desenhos e em conformidade Nussbaum (1979), Baxter (1989), Nardi e Carvalho (1996), esse aluno dispõe de conhecimentos coerentes cientificamente ou muito próximo desta coerência.

Figura 21 - Resposta do aluno A10 correspondente ao nível 3

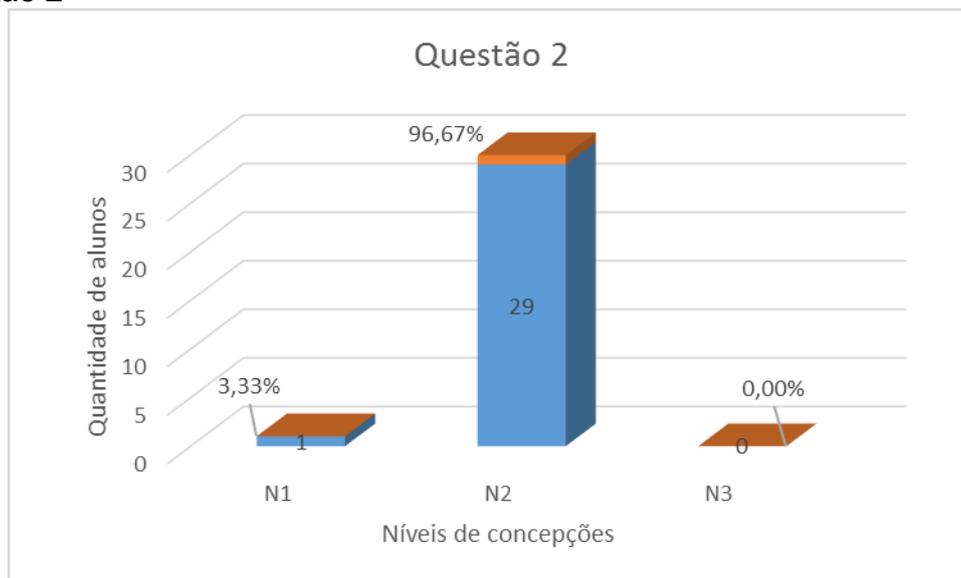


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A segunda questão do questionário semiestruturado, cujo objetivo consistia em verificar, em um novo contexto, as noções de Terra esférica e gravidade, trouxe a suposição de que o aluno, ao participar de uma determinada premiação, era contemplado com uma viagem para a Antártida, ganhando também um copo. Na primeira fase da questão, era solicitado que desenhassem o copo vazio na Antártida e na segunda fase, que desenhassem o copo com água até a metade, também na Antártida.

Poderia ocorrer nesta questão, que os alunos desenhassem a Terra, o continente Antártico com o copo vazio e depois, com água até a metade, sendo que o líquido permaneceria ao fundo do recipiente, devido a ação da força gravitacional em direção ao chão do lugar, o que corresponderia às concepções características do nível 3. Contudo, vinte e nove alunos (96,67%), apresentaram respostas características do nível 2, nesta questão (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Respostas dos alunos, conforme os níveis de concepções da questão 2



Fonte: Do autor, 2015.

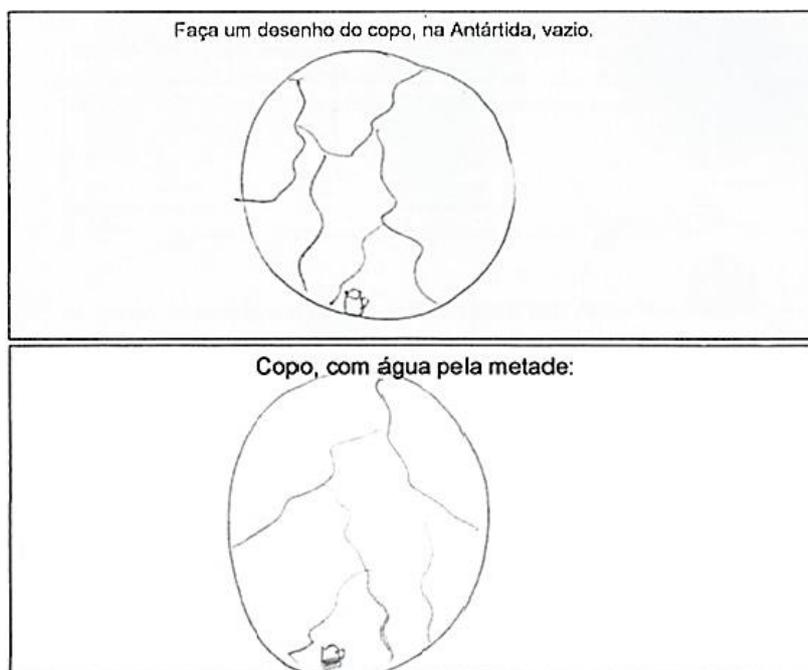
Das respostas apresentadas com características do nível 2, percebeu-se que há a concepção de Terra esférica, e assim como em Nussbaum (1979), sem associação com o campo gravitacional terrestre. Algumas respostas demonstraram uma ideia de um limite inferior para o planeta, o que impossibilitaria os objetos de caírem no espaço cósmico (ibidem). Percebe-se estes pensamentos nos desenhos dos alunos **A28** (Figura 22) e **A16** (Figura 23). Os alunos representaram a Terra esférica e o copo é desenhado apoiado no planeta. Outra característica deste pensamento é a abertura do copo, que é sempre para cima, independentemente da posição que se encontre na Terra.

Figura 22 - Respostas do aluno A28, copo vazio e com água, correspondendo ao nível 2



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 23 - Respostas do aluno A16, copo vazio e com água, correspondente ao nível 2



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Ressalto que vinte e sete alunos (96,67%), desenharam o copo sem a representação da Terra, o que a princípio poderia representar que este se

encontrava no espaço sideral, o que corresponderia ao nível 1. Outra possibilidade corresponderia a um desenho de copo coerente com as características do nível 3, já que para uma pessoa na Antártida a disposição do copo é a representada pelos alunos (Figura 24).

Figura 24 - Respostas do aluno A26, copo vazio e com água, correspondente ao nível 2



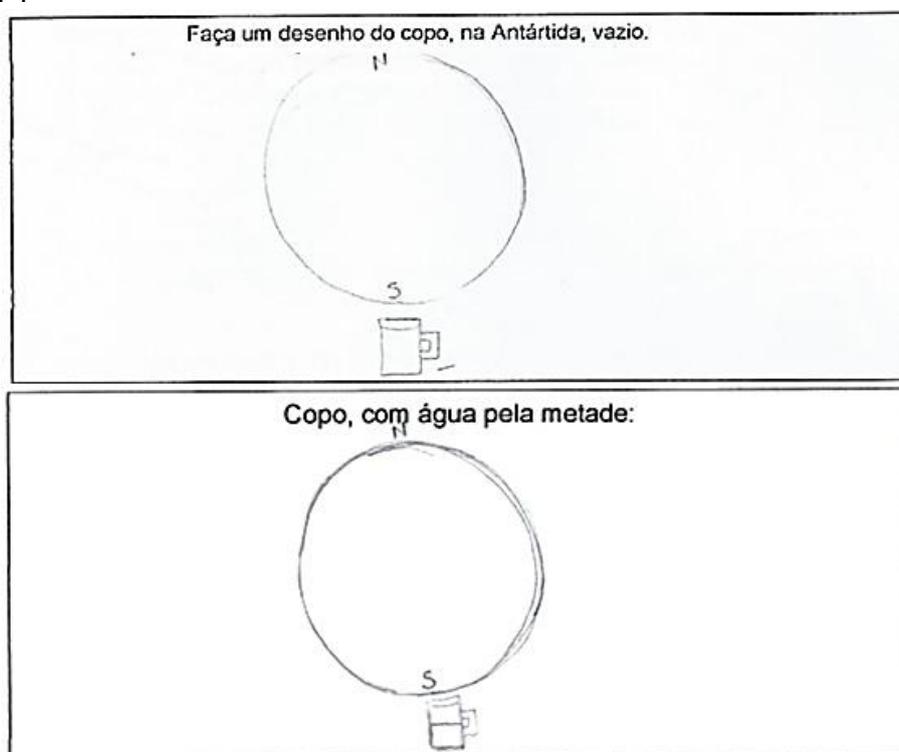
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Contudo, durante as respostas desta questão, perguntei aos alunos, sobre as suas concepções em relação aos desenhos que se encontravam em elaboração. Ouvi respostas como: “O copo fica normal na Antártida”, “Do jeito que ele tá aqui ele vai tá lá, não professor?”. Pelas respostas dadas, mesmo que não tenham desenhado a Terra (a existência do planeta ficou subentendida nas respostas deles), a concepção que eles trouxeram para a resolução é equivalente às visualizadas na Figura 22 e na Figura 23. Sendo assim, as respostas desses alunos enquadram-se nas características do nível 2 dessa categorização.

O aluno **A18** foi o único que apresentou a resposta para a questão com o desenho representado abaixo (Figura 25), em que o copo está fora do planeta, caracterizando-se como nível 1. Para Nussbaum (1979, p. 73), esta

representação corresponde ao que define como ausência de “percepção cósmica”, pois ele não é capaz de perceber o fato de que os copos interagem gravitacionalmente com a Terra, não sendo possível sair do planeta, quando se viaja à Antártida. Outro fato presente nas respostas é a abertura do copo que está no sentido para cima, outro indício de que o discente despreza a interação gravitacional entre o objeto e a Terra. Para o autor, o aluno faz sua análise de forma ingênua cientificamente, estando a Terra isolada, ou seja, não constituindo um corpo de interações cósmicas.

Figura 25 - Respostas do aluno A18, copo vazio e com água, correspondente ao nível 1



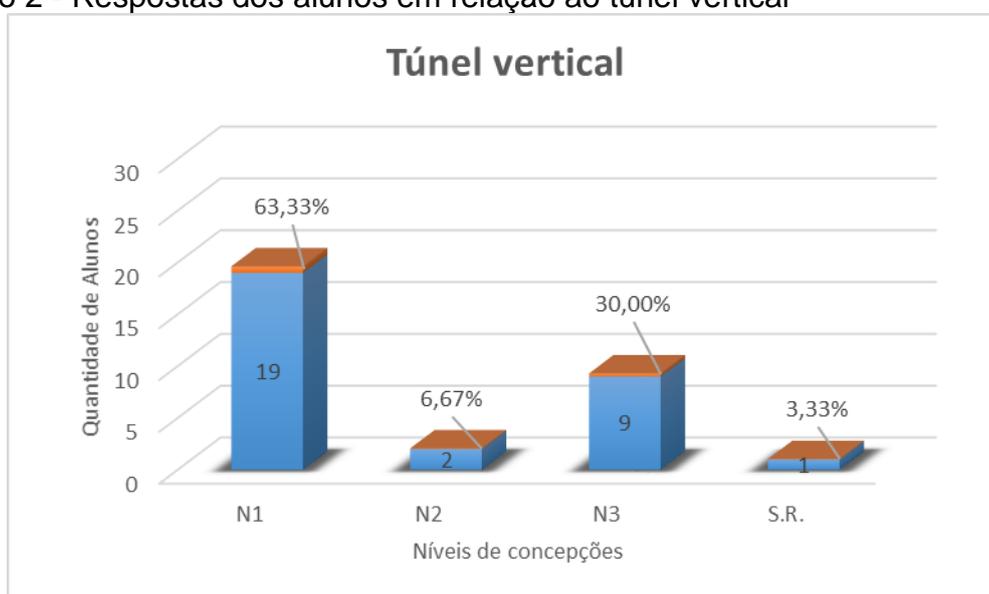
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A terceira questão, simulava a hipótese de três situações distintas em relação a Terra, caso fosse possível termos túneis que atravessassem o planeta de um ponto a outro diametralmente opostos: um túnel vertical, outro horizontal e um túnel formando uma bifurcação. O intuito nesta questão foi o de verificar as concepções dos alunos em relação ao campo gravitacional e a sua interação com o centro da Terra, quando objetos caem.

Foi solicitado que os discentes desenhassem o movimento de uma pedra solta por uma pessoa na entrada desses túneis, para que fosse possível estudar de forma representativa, o que ocorreria com esse objeto. Os alunos tinham liberdade em expressar a trajetória que julgasse correta e, todas as possibilidades vislumbradas por eles em termos de respostas expositivas.

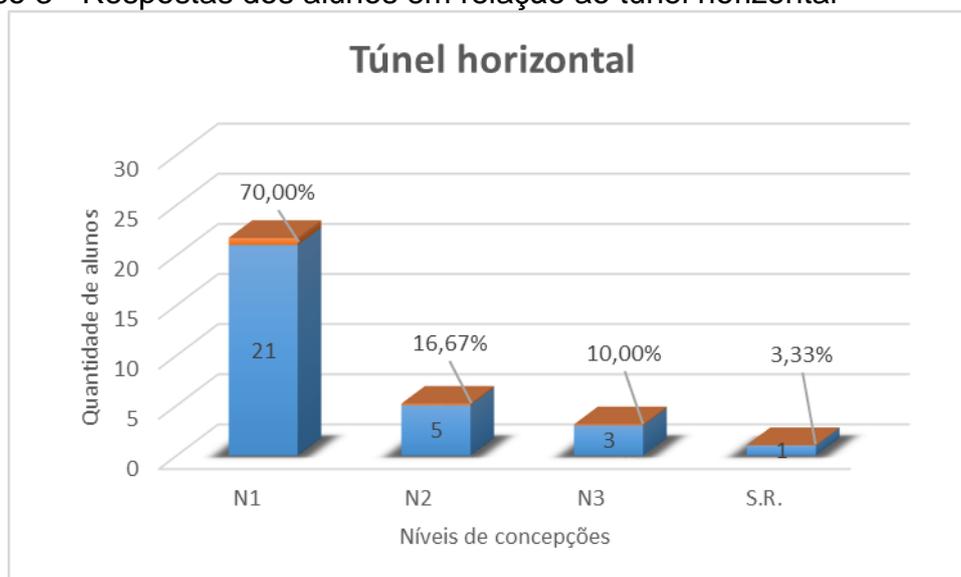
Os Gráfico 2, 3 e 4 mostram a distribuição de repostas dos alunos conforme os níveis de concepções verificados paras as três situações: Os túneis vertical, horizontal e bifurcado. Aos alunos que não responderam, atribuo nos gráficos o seguinte termo: sem resposta (S.R.).

Gráfico 2 - Respostas dos alunos em relação ao túnel vertical



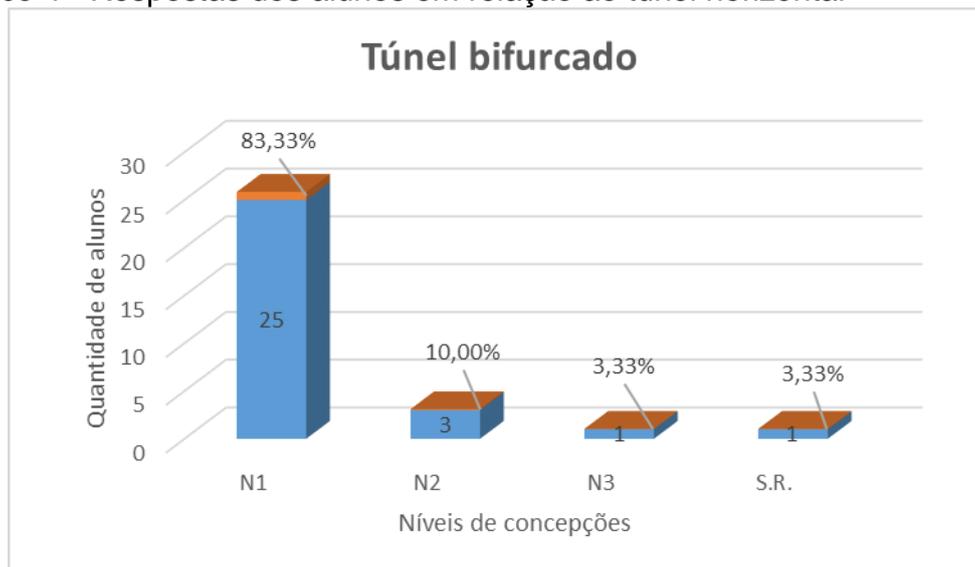
Fonte: Do autor, 2015.

Gráfico 3 - Respostas dos alunos em relação ao túnel horizontal



Fonte: Do autor, 2015.

Gráfico 4 - Respostas dos alunos em relação ao túnel horizontal



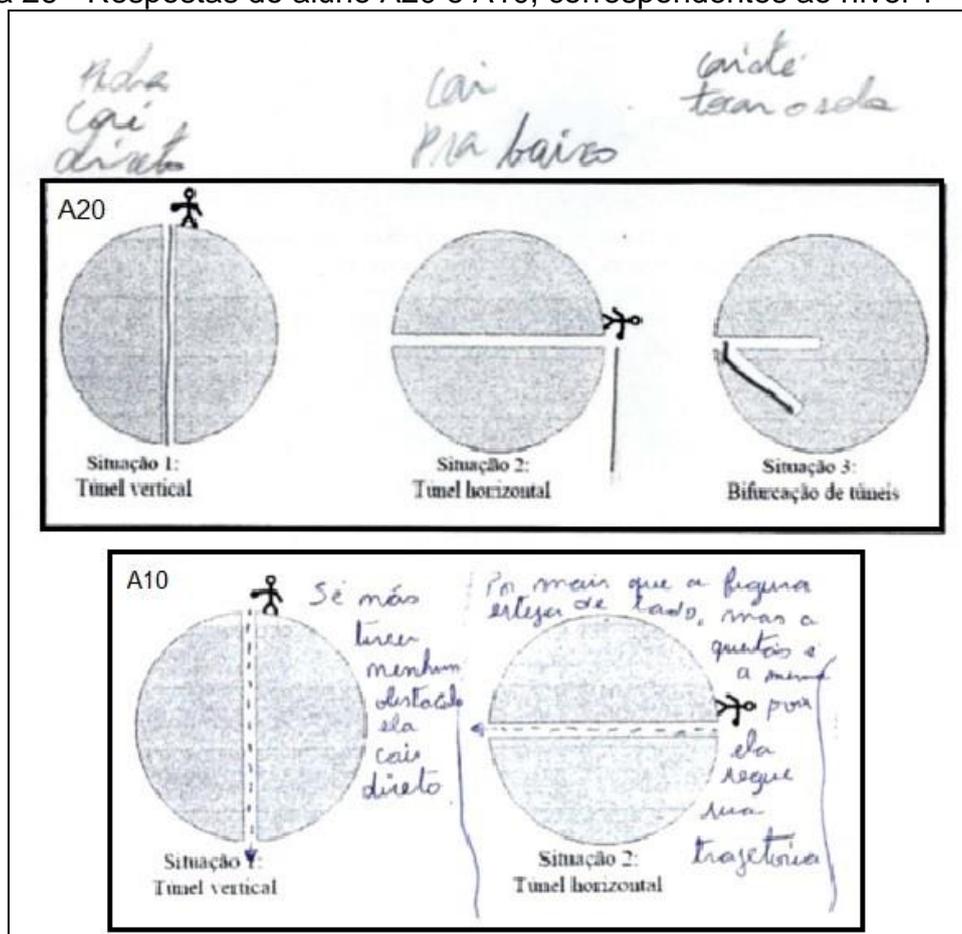
Fonte: Do autor, 2015.

Considerou-se como resposta coerentemente científica, a situação hipotética em que, de acordo com Nussbaum e Novak (1976) e Nussbaum (1979), a pedra cai em movimento acelerado até o centro da Terra. Mesmo com o valor da gravidade sendo nulo ao centro, o movimento do objeto continuaria até a outra extremidade, mas agora em movimento retardado, retornando novamente ao ponto inicial, ou seja, a pedra realizaria um movimento harmônico simples entre as extremidades, caso nada a fizesse parar. Conforme Gonzatti (2008, p. 78), foi considerado também como possível resposta coerente com o nível 3: “[...] aquela que prevê que a pedra consegue atingir o outro lado, mas para na borda do túnel”.

A Figura 26 apresenta as concepções dos alunos **A20** (túnel vertical) e **A10** (túneis vertical e horizontal), com características correspondentes ao nível 1. Percebe-se por meio das representações e argumentações escritas dos discentes que, a pedra atravessa o planeta e, continua seu movimento pelo espaço cósmico. Para o aluno **A20**, na situação do túnel horizontal, sequer a pedra entra no túnel, caindo imediatamente no espaço sideral. Ratificando o nível de categorização, em relação ao túnel bifurcado, a opção do aluno **A20**, revela também, o desconhecimento em relação ao campo gravitacional da Terra, já que a descrição do movimento realizado pela pedra não passa pelo centro do planeta.

De acordo com Panzera e Thomaz (1995) as repostas apresentadas pelos discentes, demonstram que, possivelmente desconhecem o fato de que o campo gravitacional está centrado na Terra. Para os autores, as concepções demonstradas na Figura 26, são denominadas de “egocêntricas ou primitivas” cientificamente.

Figura 26 - Respostas do aluno A20 e A10, correspondentes ao nível 1

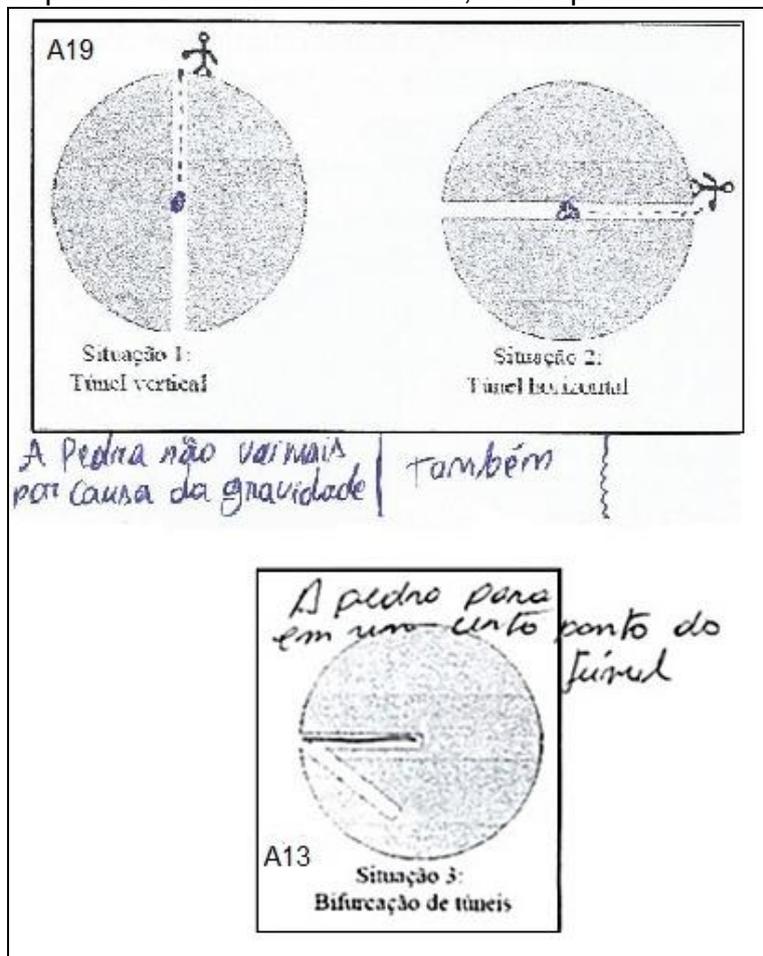


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na Figura 27, os desenhos dos alunos **A19** e **A13** sugerem que a pedra em movimento de queda pelos túneis horizontal, vertical e bifurcado, chegará ao centro da Terra, cessando seu movimento. Os desenhos e argumentações dos discentes apresentam características relacionadas ao nível 2, e são semelhantes às respostas encontradas e descritas por Nussbaum e Novak (1976), em que a pedra, ao cair, vai em direção ao centro do planeta, não dando continuidade ao seu movimento. Com estas concepções, Panzera e Thomaz (1995) afirmam que os discentes já demonstram um grau de

compreensão do campo gravitacional relacionado ao interior do planeta, mas ainda não conseguem desenvolver explicações mais complexas desta interação.

Figura 27 - Respostas dos alunos A19 e A13, correspondentes ao nível 2

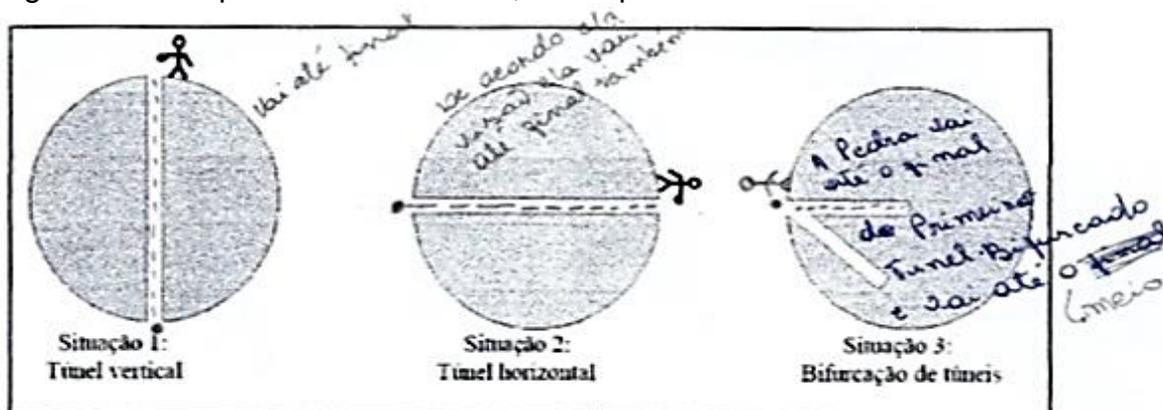


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O aluno **A18** desenha e argumenta que a pedra, nas três situações de análise, chega ao outro lado da Terra; para o túnel bifurcado, sugere que o objeto segue em direção ao centro do planeta (Figura 28). As características das respostas apresentadas pelo discente estão em consonância com Nussbaum e Novak (1976) e Panzera e Thomaz (1995). Na perspectiva desses autores, o aluno evidencia que dispõe de indícios da concepção de Terra esférica e como corpo cósmico, que atrai corpos para o seu centro. Nussbaum e Novak (1976) destacam também que, alunos que apresentam respostas como as verificadas (Figura 28), dispõem de conhecimentos fundamentais para o aprendizado das concepções de Terra como um corpo cósmico, que

correspondem ao fato do planeta ser esférico, rodeado por espaço cósmico e, objetos quando soltos, caem em direção ao seu centro.

Figura 28 - Respostas do aluno A18, correspondentes ao nível 3

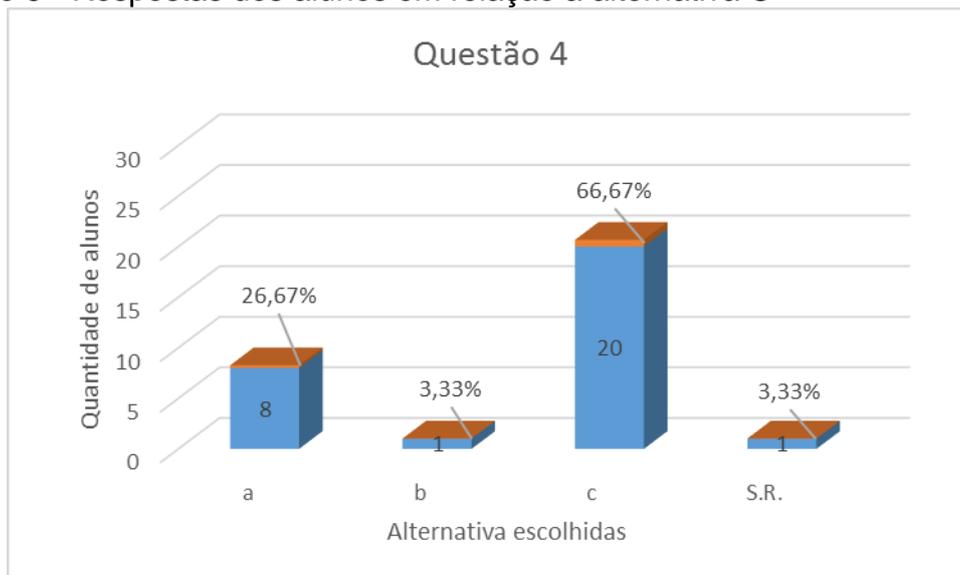


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A quarta questão abordou a queda de dois objetos de mesmas dimensões e volumes, mas constituídos de materiais diferentes, do terceiro andar de um prédio: um de chumbo e o outro de durepoxi (uma espécie de massa adesiva usada para juntar objetos diversos quebradas ou tapar alguns furos)¹². Esta questão teve a finalidade de estudar as concepções em diferenciar as grandezas peso e massa de um corpo, devido a interação com o campo gravitacional terrestre. Foi solicitado que se considerasse o desprezo da resistência imposta pelo ar aos objetos e o mesmo tempo inicial para o movimento de queda livre para ambos os corpos. Assim, os alunos optariam por três possibilidades de resposta: A primeira alternativa (A) referia-se ao fato do objeto de chumbo chegar primeiro ao solo do local. Na segunda alternativa (B), o objeto de durepoxi chegaria primeiro e, como última possibilidade (C), ambos os corpos chegariam ao chão ao mesmo tempo. Após a seleção da alternativa, os alunos deveriam explicar a escolha feita. Conforme o Gráfico 5, percebe-se que vinte alunos (66,67%) optaram pela alternativa cientificamente possível, em que os dois chegariam ao chão no mesmo instante (alternativa C).

¹² Disponível em: <http://www.ensinandoeaprendendo.com.br/quimica/anel-epoxido-resina-epoxi-durepoxi/>. Acesso em 25 mai. 2015.

Gráfico 5 - Respostas dos alunos em relação a alternativa C



Fonte: Do autor, 2015.

Dos discentes que responderam de forma coerentemente científica, temos por exemplo, a argumentação do aluno **A13**: “*Devido a gravidade os dois materiais chegarão ao mesmo tempo*”. Esta resposta e as dos demais alunos que estão semelhantes, encontram-se em conformidade com Casemiro (2011) e Dias (2011). Para esses autores, estas respostas indicam coerentemente que os objetos chegariam juntos ao solo e, argumentam que, se dois corpos quaisquer caem de uma mesma altura, no vácuo ou em uma situação que a resistência do ar fosse desprezível, o tempo de queda é o mesmo para ambos, independente dos pesos dos corpos. Algumas explicações realizadas, solicitadas durante a resolução desta questão, podem ser visualizadas abaixo (Quadro 4):

Quadro 4 - Explicações referente a alternativa correta

Alternativa correta – letra C.	
Aluno	Explicação
A3	- <i>Apesar de serem de materiais de naturezas diferentes, possuem as mesmas dimensões e volumes.</i>
A10	- <i>Já que os dois objetos têm o mesmo volume e as mesmas dimensões, eles caem devido a ação da gravidade na mesma velocidade.</i>

A13	- <i>Devido a gravidade os dois materiais chegarão no mesmo tempo.</i>
A18	- <i>Apesar de serem de materiais de natureza diferentes, ambos são de mesma dimensão e volume.</i>
A23	- <i>Acredito que pelo fato dos dois terem as mesmas dimensões e volumes, ou seja, mesmo peso, eles chegam ao mesmo tempo.</i>
A29	<i>Porque tem o mesmo peso e não estamos considerando o atrito.</i>

Fonte: Do autor, 2015.

A alternativa A, que afirmava a chegada do objeto de chumbo primeiro ao chão, foi escolhida por oito alunos (26,67%). Em suas respostas, ainda foi possível perceber as concepções ingênuas ou egocêntricas, abordadas por Panzera e Thomaz (1995). Na argumentação do aluno **A6**, por exemplo, o “*chumbo é o mais pesado [...]*”, e neste raciocínio, é desprezado o fato dos corpos estarem sob o mesmo campo gravitacional, chegando ao chão ao mesmo tempo, com as condições citadas.

Em conformidade com Champagne et al. (1980) e Teodoro (2000, p. 31), as respostas dos alunos que escolheram esta alternativa “revela uma concepção semelhante àquela proposta pela dinâmica aristotélica, ou seja, a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo”, admitindo que o corpo mais pesado chega o solo primeiro. No Quadro 5, algumas argumentações que ratificam esta concepção.

Quadro 5 - Explicações referente a alternativa A

Alternativa correta – letra A.	
Aluno	Explicação
A6	- <i>Porque o chumbo é mais pesado pois é uma outra natureza de material. Já o durepoxi é outra.</i>
A9	- <i>A composição química do chumbo é diferente. Porque o 'xumbo' é uma espécie de ferro e a potência da queda é maior.</i>
A14	- <i>O chumbo chega primeiro porque o chumbo é pesado ele vai reto e ao durepoxi ele pode 'gira' em 180 graus e levará mais tempo a chegar ao chão.</i>
A20	- <i>Os objetos tem mesma dimensão e volume, mas suponho que o chumbo chegará primeiro ao chão por ser mais pesado.</i>

A21	- <i>Porque o chumbo é mais pesado.</i>
A26	- <i>Por que o chumbo é mais pesado e sendo assim, chega em atrito com o chão mais rápido.</i>
A30	- <i>Porque os materiais podem até ter mesmas dimensões e volumes mas o chumbo em peso é superior ao durepoxi.</i>

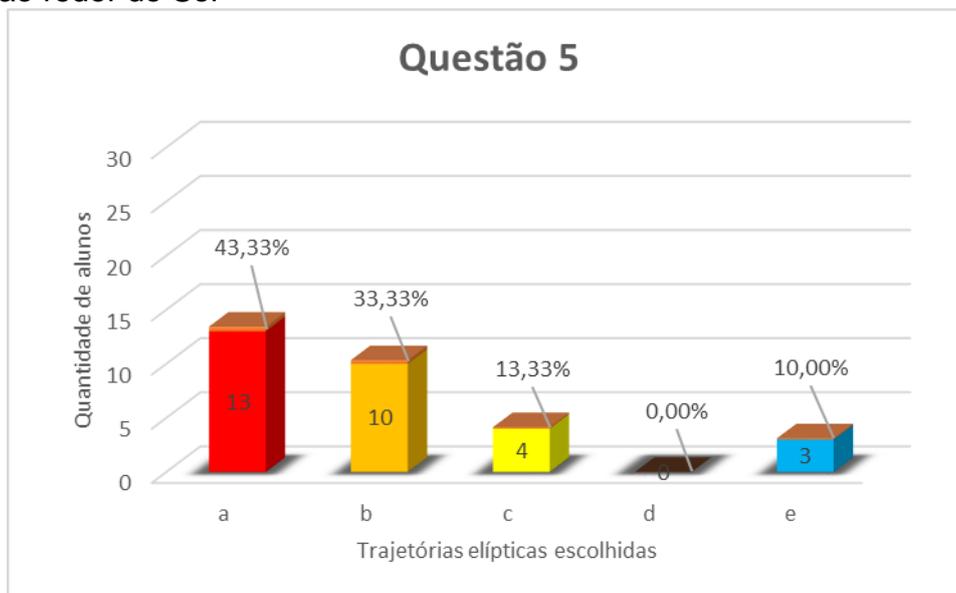
Fonte: Do autor, 2015.

A alternativa B, foi unicamente escolhida apenas por um aluno (**A22**), em que para ele, o durepoxi chega ao chão primeiro que o chumbo. Contrapondo a concepção anterior, em que as justificativas dos alunos foram de que o chumbo era mais pesado, o discente justifica a sua escolha pelo fato do durepoxi ser “mais leve”. Semelhante aos resultados encontrados na pesquisa realizada por Bar et. al (1994) os discentes acreditam que os objetos leves precederão os pesados, com a justificativa que por serem mais leves, mais rápidos são e por isso chegam logo ao chão. Conforme os autores, percebe-se a concepção ingênua, em que é desprezada a interação com o campo gravitacional. Apresento a argumentação do aluno **A22**:

A22: *O durepoxi tem material mais leve mesmo tendo o peso igual ao do chumbo, mais o tipo de material que é feito interfere na velocidade deixando o durepoxi leve no momento da queda.*

A quinta questão, de múltipla escolha, apresentava o sistema Sol-Terra e abordou conceitos relacionados com a trajetória de revolução da Terra, dentro deste sistema. Foram dispostas cinco alternativas desde a menos excêntrica, (alternativa B), que é a resposta adequadamente científica, até a mais excêntrica (alternativa A) em relação as demais. É válido ressaltar que esta última opção reflete a forma como muitos livros de Física e os de ciências da educação básica e do nível superior representam a trajetória de translação do planeta Terra ao redor do Sol. O Gráfico 6 nos mostra a distribuição de opções escolhidas pelos alunos nesta questão.

Gráfico 6 - Respostas dos alunos em relação a forma da trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol



Fonte: Do autor, 2015.

Durante a resolução do questionário semiestruturado, percebi duas opções que se destacavam na escolha pelos alunos: As alternativas A e B. Dez alunos (33,33%) optaram pela alternativa coerentemente científica (alternativa B), cuja excentricidade é baixa o suficiente para ser confundida com uma circunferência. Quando indaguei aos alunos, o porquê da ênfase: “É circular”, “é um círculo” ou “É uma circunferência”. A maioria dos alunos (43,33%) optaram pela alternativa A, demonstrando uma percepção da órbita elíptica da Terra com excentricidade exagerada, possivelmente influenciados por representações que constam nos diversos materiais instrucionais (NASCIMENTO; NEIDE; BORRAGINI, 2014). As demais alternativas representavam níveis ingênuos ou imaturos cientificamente em relação à concepção da trajetória da Terra.

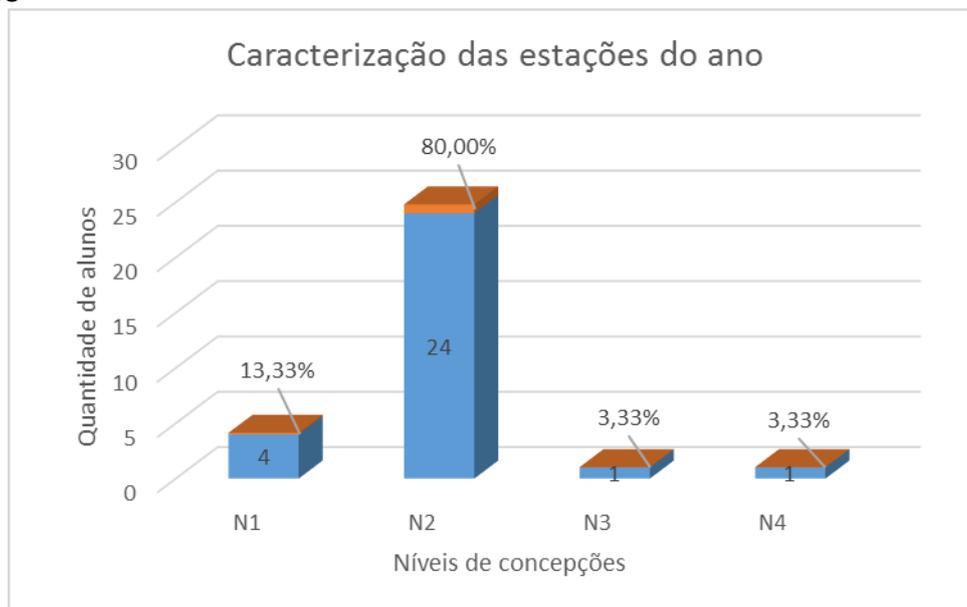
Na sexta questão buscou-se investigar as concepções presentes na estrutura cognitiva dos alunos em relação à caracterização das estações do ano. A primeira etapa solicitava que desenhassem as estações e, caso julgassem necessário, poderiam explicar suas respostas. A segunda etapa solicitava que explicassem o porquê de ocorrerem baixas temperaturas em Porto Alegre/RS no mês de julho e altas temperaturas em Belém/PA na mesma época.

Esperava-se como resposta cientificamente aceitável, o modelo de estações do ano descrito por Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008). Estes autores caracterizam as estações conforme as regiões geográficas brasileiras, da seguinte forma: na região norte do Brasil, há estações da seca e da chuva, respectivamente chamadas de verão e inverno. Já no Sul e Sudeste, há quatro estações do ano, não da forma como ocorrem em países de clima temperado, como no Hemisfério Norte. As estações dessas regiões brasileiras são identificáveis principalmente pelas diferenças na temperatura, poucas mudanças nas paisagens e, alteração na duração do dia.

Na primeira fase da questão, as respostas dos alunos foram categorizadas em quatro níveis de concepções. Inspirados nos autores citados anteriormente, o nível 1 (N1) é o que apresenta como resposta desenhos e/ou explicações que caracterizem as estações do ano conforme o modelo pertencente a países europeus ou os que se enquadram em regiões temperadas: As quatro estações bem definidas, com mudanças na paisagem, em que a primavera é a estação das flores e no verão ocorrem altas temperaturas. No outono, as folhas caem e as frutas são aptas à colheita e o inverno é acompanhado por neve, pessoas usando muitas roupas e bonecos de neve.

O nível 2 (N2) traz características semelhantes ao modelo contido no nível 1, mas com alteração na estação inverno. Ao invés de neve e bonecos de neve, apenas a chuva, ainda ocorrendo mudança na paisagem. O nível 3 inclui respostas com características de apenas duas estações: o verão, que corresponde as estações das secas, e o inverno, que representa a estação das chuvas, não ocorrendo mudança na paisagem. O nível 4 corresponde ao enquadramento em que os alunos não conseguiram descrever as estações do ano. O Gráfico 7 descreve a quantidade de alunos em função dos níveis de concepções verificados:

Gráfico 7 - Estações do ano caracterizadas conforme níveis de concepções dos alunos

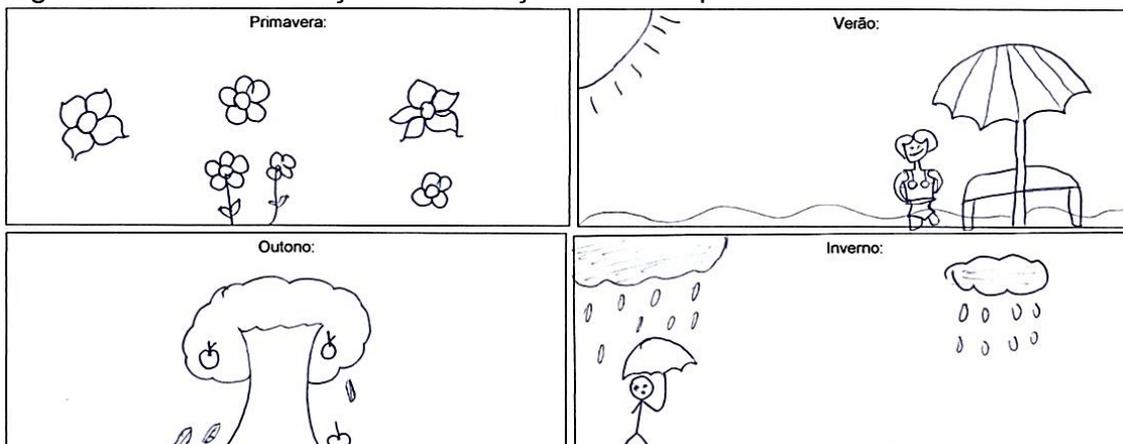


Fonte: Do autor, 2015.

Vinte e quatro alunos (80%) tiveram suas respostas caracterizadas como nível 2. Essa quantidade reflete o fato contido ainda em diversos materiais instrucionais do ensino de ciências, em que as estações do ano não são abordadas com características regionais do território brasileiro (SELLES; FERREIRA, 2004). O que se percebeu entre os alunos participantes da pesquisa é que trouxeram concepções de um modelo de estações pertencentes aos países do Hemisfério Norte, em que a exceção se dá no inverno (Figura 29).

Possivelmente os discentes possuem a ideia intuitiva de que, como não convivem com a neve e sim com a chuva, na estação denominada de inverno, criaram este modelo europeu adaptado para a região amazônica, mantendo as características das demais estações, expandindo este pensamento para as demais regiões do Brasil (NASCIMENTO; NEIDE; BORRAGINI, 2014). Percebe-se que para o aluno **A4**, as respostas são semelhantes às encontradas por Oliveira (1997), em que a presença de flores ocorre apenas na primavera, sendo o verão típico de regiões de litoral (sempre sendo representado com a presença do Sol e da praia). Ao outono é atribuído a queda das folhas e a presença de frutos e o inverno pode ser representado por chuvas fortes ou tempestades.

Figura 29 - Caracterização das estações do ano pelo aluno A4

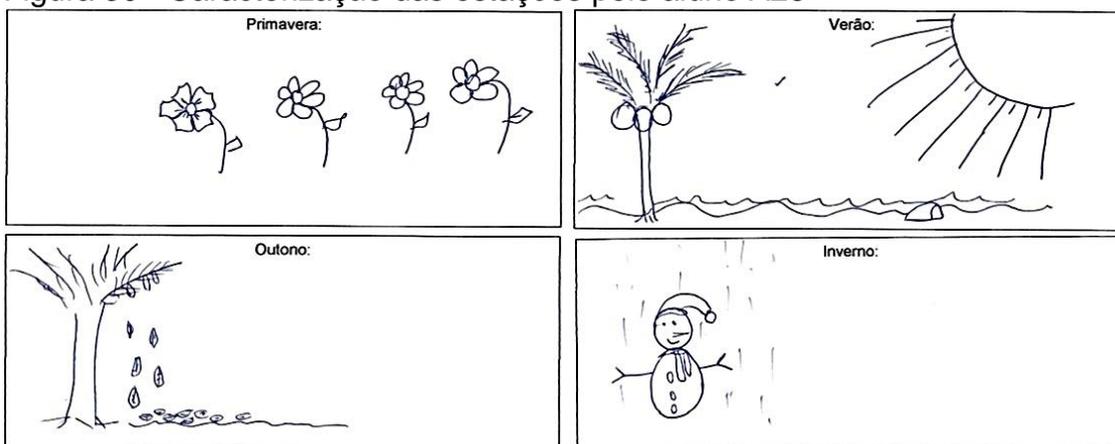


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O padrão verificado nos desenhos do Aluno 4 foi percebido na maioria das respostas dos alunos e se repetiu também em forma de argumentações, como é o caso do o aluno **A25**: “Primavera é a estação das flores, verão é a estação do Sol, outono é a estação das frutas e inverno é a estação da chuva.”

Dos alunos participantes, quatro (13,33%) apresentaram respostas condizentes com o nível 1, ou seja, caracterizaram as estações do ano de acordo com o modelo ainda presente em muitos livros e materiais didáticos no ensino de ciências, que de acordo com Lima (2006), são as quatro estações bem definidas (Figura 30). Ao se verificar os desenhos do aluno **A28**, as respostas estão de acordo com as verificadas em Selles e Ferreira (2004), em que para as autoras, os discentes possuem concepções em relação ao fenômeno das estações que contrastam com o que se observa no cotidiano. Há várias espécies de árvores brasileiras cujas folhas não caem no período que corresponde ao outono e, para o inverno, a ocorrência de neve no território brasileiro é rara, e quando ocorre é na região Sul, em locais de grandes altitudes (OLIVEIRA, 1997; SELLES; FERREIRA, 2004; LIMA, 2006). Para Selles e Ferreira (2004) a presença de flores ocorre ao longo do ano em diversas regiões do Brasil, não apenas na primavera, e o verão não se restringe apenas às regiões de litoral.

Figura 30 - Caracterização das estações pelo aluno A28

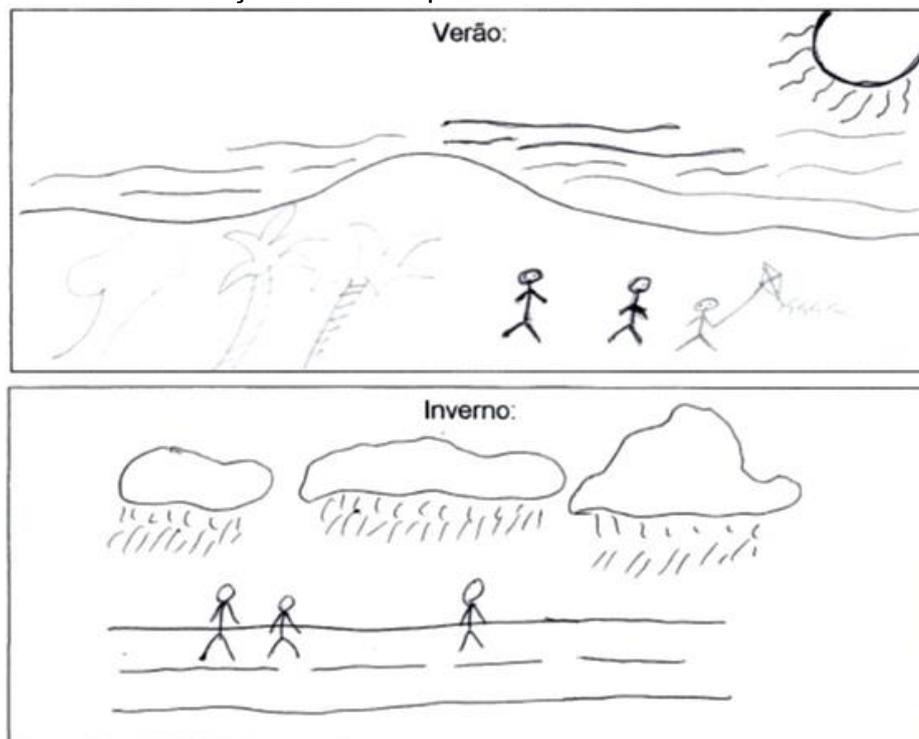


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O modelo descrito na Figura 30, corresponde a países com a presença de clima temperado, diferentemente do Brasil que é equatorial, tropical e subtropical (Ibidem). Uma parte da região Sul do território brasileiro se enquadra nessa faixa onde ocorre o clima temperado, mas a caracterização das estações não é a retratada na Figura 30, como já citado anteriormente. A explicação se dá pelo fato de que, no Hemisfério Sul da Terra, há um contrabalanceamento no efeito das quatro estações (ocorrem, mas de forma sutil) devido a maior proporção de água (KEPLER; SARAIVA, 2014).

Dos trinta participantes da pesquisa, apenas o aluno **A9** (3,33%) apresentou sua resposta próxima de um modelo científico coerente para a região Norte, estando assim, caracterizado como nível 3, mas ainda se percebe a associação do verão a praia, coqueiros, o Sol e diversão (Figura 31). Devido à extensão do território brasileiro, o fenômeno das estações do ano ocorre relativamente a cada região, ou seja, as características pertinentes a cada estação não podem ser observadas com a mesma expectativa (em termos de características) de regiões de clima temperado do Hemisfério Norte (SELLES; FERREIRA, 2004, LIMA, 2006). A resposta do aluno **A9** está de acordo com Selles e Ferreira (2004) e Lima (2006), pois, em boa parte do território brasileiro, verificam-se apenas duas estações, a seca e a chuvosa e, quanto mais ao Sul se localiza a região observada, mais evidente se tornam os contrastes, mas ainda são a equivalência de características trazidas por livros didáticos.

Figura 31 - Caracterização do verão pelo aluno A9



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Apenas o aluno **A14** não conseguiu demonstrar conhecimentos prévios em relação a temática de estações do ano, caracterizando-se assim como nível 4.

Na segunda parte da sexta questão, foi solicitado aos alunos que explicassem a seguinte situação: por que ocorrem baixas temperaturas em Porto Alegre/RS no mês de julho e altas temperaturas em Belém/PA, no mesmo período. Como repostas coerentemente científicas, esperavam-se argumentações que destacassem o fato dessas alterações climáticas e as variações de temperatura terem relação com a latitude, ou seja, com a localização em relação ao globo terrestre. A latitude é um fator importante para explicar mudanças climáticas e está relacionada ao caráter esférico da Terra (GONZATTI, 2008).

Dos alunos participantes da pesquisa, cinco (16,67%) não responderam a esta fase da questão, sendo que os demais, vinte e cinco (83,33%) não responderam de forma satisfatória cientificamente, mas percebeu-se que demonstraram indícios característicos necessários ao

entendimento das estações, como verifica-se nos argumentos contidos nos Quadros 6 e 7, compostos por algumas respostas verificadas.

Sendo assim, treze alunos (43,33%), de forma intuitiva, demonstraram em suas respostas alguma ideia que relacione a concepção de latitude, ratificando a necessidade deste conceito subsunçor à explicação das estações do ano (SELLES; FERREIRA, 2004; LIMA, 2006). Alguns termos como “*regiões diferentes*”, “*Belém é distante de Porto Alegre*”, “*Em diferentes pontos do país o Sol se comporta diferente*”, reforçam este pensamento (Quadro 6):

Quadro 6 - Explicações de alguns alunos, sobre o motivo das diferentes temperaturas, em Belém e Porto Alegre, em Julho

Aluno	Explicação
A2	<i>Estamos em regiões de estados diferentes climas mudam dependendo da região.</i>
A4	<i>- Em Porto Alegre estava baixa a temperatura pois fica do lado Sul do planeta e Belém ao norte onde é mais quente.</i>
A6	<i>- Além do nosso clima ser tropical, Porto Alegre não é, explica-se pelo fato das posições dos Estados em relação ao planeta, pois um fica ao norte é um clima quente e o outro está ao Sul do país.</i>
A10	<i>- O Brasil é um país de dimensões continentais onde norte está em proximidade a linha do equador e o Sul está mais próximo do pólo Sul. Ventos que vem do Sul trazendo friagem se ‘dicipam’ logo ao chegarem em zonas mais temperadas.</i>
A13	<i>- Porque em Porto Alegre/RS as temperaturas são sempre mais baixas devido está no Sul do país e Belém fica no Norte, região mais quente.</i>
A18	<i>- Por nossa região estar ao topo do nosso país, o clima de nossa região torna-se um clima equatorial, enquanto que na região sul, por causa por países baixo, torna sendo um país de clima congelante chegando a 5°C.</i>
A19	<i>- Porque Belém é distante de Porto Alegre e existem mudanças climáticas.</i>
A24	<i>- Acredito que pelo fato de estamos em diferentes pontos do país onde o Sol se comporta diferente de um pro outro de lugar e porque estamos em cima da linha do equador.</i>

A28	- <i>Porque Belém fica na região Norte, onde as temperaturas são mais altas que a região Sul.</i>
------------	---

Fonte: Do autor, 2015.

Seis alunos (20%) responderam, estabelecendo conexão com um modelo científico coerente das estações do ano. O aluno **A11** em sua resposta, por exemplo, cita corretamente a ausência das quatro estações do ano no Pará, expondo que no Brasil, podemos observá-las ao Sul, por estar “*longe*” do Pará. Novamente percebe-se uma conexão entre o conceito de latitude e as estações do ano. É fato destacável também que a resposta do aluno não contém o termo “bem definidas” para as quatro estações, correspondendo aos microclimas que ocorrem na região Sul do Brasil, em conformidade com Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008). Transcrevo algumas respostas nesta lógica, abaixo (Quadro 7):

Quadro 7 - Explicações referente a segunda fase da sexta questão - 2

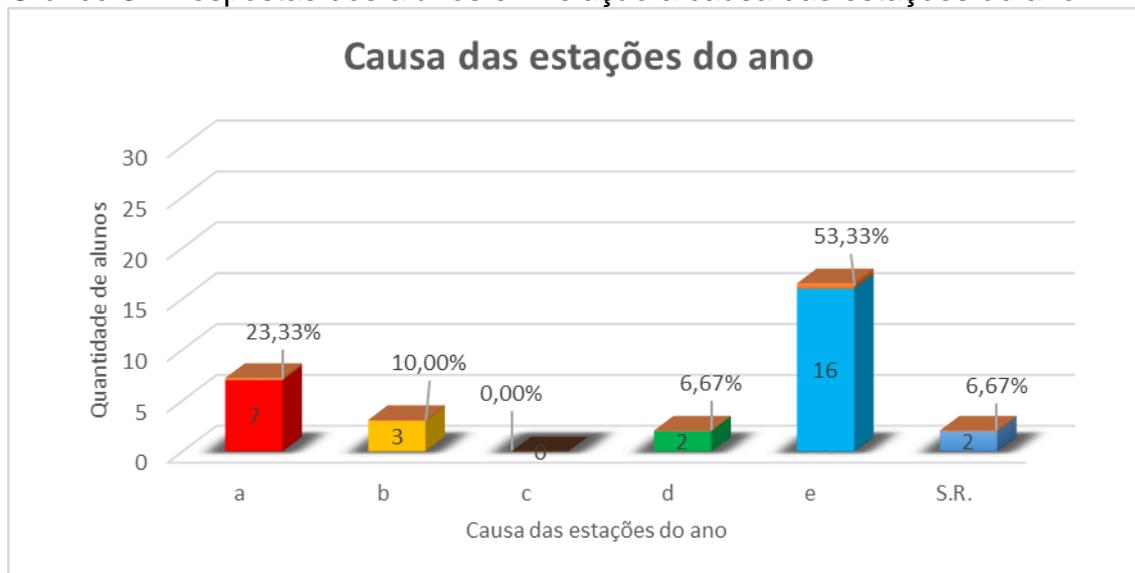
Aluno	Explicação
A11	- <i>É porque no norte não temos as quatro estações do ano, pois vivemos próximo a linha do equador e ao Sul como fica longe, essas estações são mais observadas.</i>
A17	- <i>Porque lá em Porto Alegre/RS tem as 4 estações e em Belém do Pará só tem 2 estações.</i>
A22	- <i>O clima do nosso país é tropical temos ao mesmo tempo frio em um estado e calor em outro. No Pará em julho é verão e em Porto Alegre é inverno.</i>

Fonte: Do autor, 2015.

A sétima e última questão, abordou a causa das estações do ano, utilizando o sistema Sol-Terra e os raios solares (insolação): a inclinação do eixo imaginário da Terra em relação a perpendicular do plano da órbita. A alternativa correta (A), denota os 23,5° aproximadamente de inclinação do eixo. As demais alternativas apresentam um nível ingênuo de concepção, em que o eixo terrestre, ou não possuiria a inclinação anterior, ou possuiria, mas com ângulos diferentes da realidade. O Gráfico 8 apresenta a disposição de

respostas dos alunos, sendo que dois alunos, deixaram a questão sem resposta (S.R):

Gráfico 8 - Respostas dos alunos em relação a causa das estações do ano



Fonte: Do autor, 2015.

Dos alunos participantes da pesquisa, dezesseis (53,33%) optaram pela alternativa E, retratando uma inclinação, que coincide com a linha do equador terrestre, uma resposta ingênua. Este amplo resultado revela a falta de conhecimento da causa das estações pela maioria dos discentes. Outro fator a ratificar este pensamento é que apenas sete alunos (23,33%) optaram pela alternativa correta. Sabe-se que a ocorrência das estações do ano é consequência combinada do movimento de translação e é da inclinação do eixo de rotação da Terra, de aproximadamente $23,5^\circ$ em relação à normal ao plano descrito por sua órbita em torno do Sol, o que altera a inclinação dos raios solares em cada uma das regiões da Terra ao longo do ano (KEPLER; SARAIVA, 2004).

A realização do questionário semiestruturado teve a função de investigar as concepções dos discentes quanto aos subsunçores necessários para as abordagens da temática de estações do ano em uma turma do PROEJA. Para Ausubel (2003) uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é justamente esta: a presença de conhecimentos prévios específicos na estrutura cognitiva do aprendiz, para que seja apresentado a ele

o material de aprendizagem. Sendo assim, verificou-se que, poucos alunos dispunham de algum conhecimento prévio necessário para a aprendizagem das estações.

Dos conceitos apontados na Figura 2, percebi que: há a presença de um único na estrutura cognitiva dos alunos: a forma da Terra. Contudo, não conseguem estabelecer conexões com os demais conhecimentos necessários contidos na referida figura. Não conseguem dissertar sobre a posição de uma pessoa na Antártida ou no Equador Terrestre, por meio do campo gravitacional do planeta. Não conseguem argumentar também sobre o fato da Terra ser esférica, com a latitude ou longitude. Diante desta realidade posso inferir que os alunos não apresentam as concepções de Terra como um corpo cósmico, conceito subsunçor necessário para o aprendizado das estações do ano. Esta conclusão é alicerçada no fato de que não são capazes de dialogar em relação as interações da Terra a nível cósmico. Esta reflexão, em relação a análise realizada das respostas dos alunos, norteou alterações e inclusões na elaboração das atividades e roteiros que já se encontravam em fase de planejamento. Esses instrumentos são para a utilização das ferramentas tecnológicas, como materiais potencialmente significativos, durante a intervenção pedagógica. O intuito é que, por meio deles, eu possa ensinar o fenômeno das estações do ano aos alunos de uma turma de PROEJA, conforme descrevo na sequência: as aulas introdutórias e com a utilização das ferramentas tecnológicas.

4.2. Descrição das aulas teóricas e das atividades utilizando as ferramentas tecnológicas

Para que as atividades de intervenção pedagógica desta pesquisa iniciassem, após o consentimento por parte da Direção Escolar, estive na turma com os alunos uma semana antes da data prevista de início da intervenção, para conversar e explicar a proposta da pesquisa. Informei que iria ministrar as aulas de Física também por meio de simulações e modelagens computacionais e que seriam ações do meu projeto de mestrado. Antes de iniciarmos as atividades, os alunos responderam o pré-teste semiestruturado.

Por se tratar de uma turma de PROEJA, em minha conversa com os discentes, expliquei a importância de não se ausentarem durante a pesquisa. A princípio, todos concordaram e um total de sete alunos falou que poderiam faltar por questões de trabalho, justificando a ausência na próxima aula. Já me preocupei com este número, pois, já implicava em um possível plano de ação para ser utilizado ao ocorrerem as faltas. Meu encontro semanal com a turma era de três aulas de quarenta minutos cada. Devido a pesquisa, consegui obter uma hora aula a mais, totalizando quatro aulas por semana, todas realizadas em uma noite.

4.2.1. Primeiro encontro da intervenção pedagógica

No primeiro encontro (primeira aula), dos quarenta alunos regularmente matriculados, trinta e nove responderam ao pré-teste semiestruturado. Durante o desenvolvimento da pesquisa, nove alunos deixaram de participar, devido ao abandono dos estudos. Ao entrar em contato com os alunos, obtive como resposta um fato preocupante, mas recorrente na literatura científica, ao se tratar de evasão: a opção pelo mercado de trabalho, que é uma realidade presente também em escolas públicas. Os alunos do PROEJA encontram dificuldades para a continuidade de suas atividades discentes e em permanecer no ambiente escolar, sendo estes fatos objetos de estudos (ALMEIDA, 2009).

Em pesquisas realizadas com o PROEJA, existe o apontamento que uma das principais causas do afastamento e abandono do ambiente escolar é a escolha pelo mercado de trabalho em que os mesmos já se encontram inseridos ou uma nova perspectiva profissional alcançada (Ibidem). Ao fim, a pesquisa ocorreu com trinta alunos o que passou a ser também um desafio, de acompanhá-los e auxiliá-los, para ajudar a evitar novas evasões.

4.2.2. Segundo encontro da intervenção pedagógica

No segundo encontro, iniciei efetivamente com os conteúdos físicos. Em meu planejamento inicial, iria explorar com os alunos a temática “A Terra é plana ou esférica?”. Após analisar o pré-teste semiestruturado, acrescentei o

tópico de revisão de Leis de Newton, pois a noção de força (verificada como ausência de subunçor no pré-teste semiestruturado) como interação entre corpos é necessária para entender o formato da Terra e conseqüentemente, as estações do ano.

Durante a aula, foi relembrada a diferença entre Cinemática e Dinâmica e que ambas pertencem à Mecânica. Foi discutido o tópico de Força como agente que está relacionado a deformações e acelerações em corpos. Abordei na sequência, as três Leis de Newton, em que os alunos lembraram da Inércia, pois ficaram citando alguns exemplos, como na fala do aluno **A10**: “*Ah professor, é o que acontece no ônibus, quando ele freia, a gente vai pra frente e quando acelera a gente vai pra trás [...]*”. Após a explanação das Leis, retornei e enfatizei o Princípio Fundamental da Dinâmica (2ª Lei de Newton), especificamente a força peso.

4.2.3. Terceiro encontro da intervenção pedagógica

Ao ser iniciado o terceiro encontro, entreguei aos alunos três materiais didáticos para serem utilizados, não somente durante o período de intervenção, mas como um acervo disponível a eles para consulta e futuros estudos após o término da pesquisa, sendo eles:

- 1 – A produção técnica de Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008)¹³;
- 2 - O texto três da produção técnica de Uhr (2007), na temática de Estações do Ano, sem os exercícios que acompanham o material¹⁴;
- 3 - O artigo sobre as influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano de Selles e Ferreira (2004)¹⁵;

Para ministrar a aula intitulada de “A Terra é plana ou esférica?”, utilizei computador, Datashow e uma apresentação elaborada em *PowerPoint*. Solicitei aos alunos para responderem oralmente a pergunta do título da aula. Minha intenção foi de ratificar ou não as respostas do pré-teste

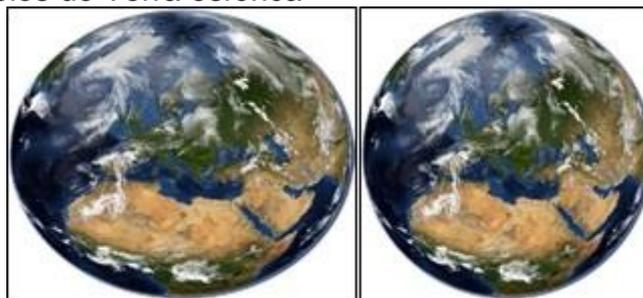
¹³ Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v19n3_Gonzatti_Ricci_Saraiva.pdf. Acesso em: 03 de mar. 2014.

¹⁴ Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n4_Uhr.pdf. Acesso em 01 out. 2013.

¹⁵ Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n1/07.pdf>. Acesso em 03 de março de 2014.

semiestruturado, em que todos os alunos acertaram o formato da Terra. A resposta após minha pergunta, da maioria dos alunos foi “*esférica*”. Aos alunos que não responderam a minha indagação, perguntei novamente, e escutei respostas como a do aluno **A14**: “*Professor, pensei que era achatada nos polos*”. Na fala do aluno **A25**, foi respondido: “*Não era oval?*”. Os demais alunos que não haviam respondido compartilharam dessas duas respostas e esse grupo dividiu-se. Percebi coerência entre as respostas do pré-teste semiestruturado e as que estavam sendo ditas em sala. Estabeleci na aula a diferença entre círculo e esfera fazendo uma comparação com o nosso planeta. Após essas respostas dos alunos, conforme Figura 32, pedi para que escolhessem o modelo que eles acreditavam que melhor representaria o nosso planeta.

Figura 32 - Modelos de Terra esférica



Fonte: Do autor, 2015.

A quantidade de respostas para cada modelo de Terra esférica ficou dividida entre alunos; inclusive, alguns alternavam várias vezes em suas escolhas. Mostrei o planeta, o raio equatorial (6.378km) e o polar (6.357km). Diante desta visualização solicitei a seguinte tarefa: “Calcule a diferença entre os raios equatorial e polar. Na sequência, explique o impacto do valor obtido no formato da Terra”. Minha intenção foi de que os alunos verificassem o caráter desprezível na diferença de 21km, para o formato esférico da Terra. A seguir algumas respostas dos alunos **A7**, **A14** e **A10**:

A7: *A Terra vai ficar levemente achatada nos polos.*

A14: *Na prática, não faz diferença.*

A10: *Acho que com esses 21 quilômetros, não vai fazer diferença no tamanho da Terra.*

O aluno **A10** explanou: “*Professor, então quando falamos que a Terra é levemente achatada é por causa dos 21 km?*”. Respondi que: “Sim”. Completei que além de ser sutil esse achatamento nas regiões polares o planeta também possui um abaulamento equatorial, devido ao seu movimento de rotação (GONZATTI, 2008).

Quando escutei essa pergunta do aluno pensei na ocorrência da reconciliação integradora, em que para Rehfeldt (2009, p. 47): “A reconciliação integradora tem mais sentido se o aluno conseguir reconciliar seus próprios conceitos, estabelecendo semelhanças e diferenças e incorporando novos significados”. Na mesma perspectiva de análise, para Ausubel (2003) o aprendiz por si só percebe similaridades e diferenças importantes entre o novo conhecimento e as concepções prévias já presentes em sua estrutura cognitiva. Considero então um indício de aprendizagem significativa percebida na fala do aluno **A10**. Na sequência abordei sobre a classificação da Terra, conforme o modelo de um esferoide oblato, também a causa da esfericidade da Terra e as suas evidências, conforme atuais modelos científicos discutidos no material didático de Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008).

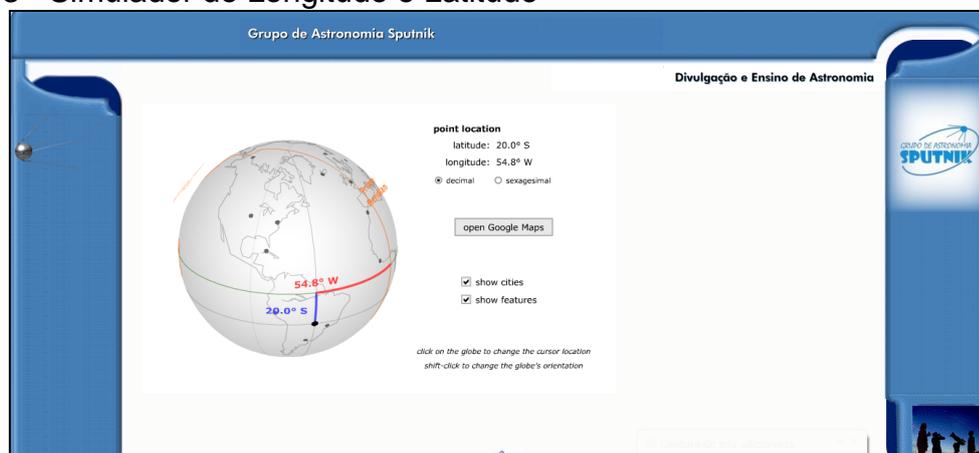
4.2.4. Quarto encontro da intervenção pedagógica

O quarto encontro foi referente ao estudo da Latitude, Longitude e introdução a Lei da Gravitação Universal. Em seu início um problema: Apenas doze alunos presentes. Não segui com o conteúdo, e em conversa posterior com a turma foi marcada reposição de aula para o sábado ainda naquela semana.

No sábado, praticamente todos os alunos compareceram e a aula foi iniciada. Inspirado em Gonzatti (2008), solicitei para o tópico de latitude e longitude uma parceria com o professor de geografia da escola, para que pudesse explanar comigo estes assuntos. Acredito que esta parceria foi útil para o desenvolvimento do conteúdo. Nesse sentido, a aula se desenvolveu com um caráter de revisão para os alunos. Foi a primeira aula que nos dirigimos ao laboratório de informática. Solicitei que os alunos discutissem inicialmente entre eles, por meio de grupos pequenos, a leitura do texto de

Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008) nas páginas 39-40. Na sequência solicitei que acessassem o website intitulado de “Animações e Simulações de Astronomia¹⁶” e escolhessem “Simulador de Longitude / Latitude” (Figura 33).

Figura 33 - Simulador de Longitude e Latitude



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Com a utilização da simulação e o manuseio pelos próprios alunos foi possível revisar estes dois conceitos, em que alguns discentes acreditavam serem sinônimos, como percebido na fala do aluno **A19**: “*Pensei que eram a mesma coisa, agora tô vendo a diferença*”.

Na sequência iniciei o tópico de Introdução a Lei da Gravitação Universal com uma animação em PowerPoint para revisar a concepção de Força Peso e a ideia de atração entre dois corpos. Na sequência, utilizei uma animação mostrando a Lua girando ao redor da Terra e também, da Lua girando ao redor da Terra e estes ao redor do Sol. Fiz a seguinte pergunta: “Qual a relação entre as forças presentes na interação entre os corpos?”. Algumas respostas:

A3: *Cada força é diferente, a da Terra e da Lua não tem nada a ver com a da Terra e o Sol.*

A17: *Não são iguais, cada força vai depender da análise de cada situação.*

A27: *São diferentes, porque eu não sei.*

Expus o motivo de Newton ter denominado a sua nova lei de lei da gravitação universal. Pontuei suas características e abordei a constante

¹⁶ Disponível em: http://gruposp Sputnik.com/Paginas_com_Flash/Animacoes.htm. Acesso em 22 nov. 2014.

gravitacional (G). Resgatei também a ideia de força de campo, de nossa revisão de leis de Newton. Fiz o seguinte questionamento para a turma: “A intensidade da força gravitacional entre um próton e um elétron, é alta ou baixa? Por quê?”. Cito as respostas dos alunos **A10**, **A14**, **A25** e **A30**:

A10: *Acho que como a massa deles é pequena a força é pequena também.*

A14: *Acho que não tem, só ‘pra’ corpos grandes.*

A25: *Com certeza não tem, nem é alta nem é baixa.*

A30: *Acho que se tiver, é pouquinha.*

Solicitei que calculassem a força gravitacional entre a Terra e o Sol. Após finalizada esta resolução, propus que verificassem a força para duas pessoas com (massas de 80kg e 70kg) distanciadas em um metro entre si. A princípio os alunos tiveram muita dificuldade com o desenvolvimento matemático da questão. Foi necessário relembrar multiplicação e divisão de potência de mesma base. Muitos erraram a conta devido aos passos matemáticos, outros disseram que – *a culpa era da constante gravitacional*, que nas palavras do aluno **A27**: “[...] *é muito feia professor*”, referindo-se a notação de base dez.

Resolvi junto com eles a questão e, com o auxílio do *PowerPoint* fiz uma animação sobre a atividade. Ao fim perguntei aos alunos: “Qual força tem maior intensidade, a de interação entre Terra e Sol ou entre as pessoas de 70kg e 80kg?”. Os alunos responderam: “*Terra e Sol*”. Perguntei na sequência, projetando as respectivas imagens da atividade: “No caso da Terra e o Sol, a força é do Sol sobre a Terra, ou da Terra sobre o Sol?” Surgiram respostas como a do aluno **A25**: “*A força é do Sol sobre a Terra*”. Perguntei: “**Por quê?**” O aluno respondeu: “*Porque o Sol é o maior, ele exerce força*”. A seguir, as respostas dadas por alguns alunos **A12** e **A14**:

A12: *Tem força nos dois, mas a força do Sol é maior.*

A12: *O Sol tem, porque a Terra é um ponto desprezível em relação ao Sol.*

Percebi que as justificativas foram relacionadas em função do tamanho do corpo. Os alunos não conseguiram verificar semelhanças entre as

características do princípio da ação e reação com a interação mútua entre os corpos. Diante desta situação, percebi que possivelmente ocorreu aprendizagem mecânica em relação as Leis de Newton. Conforme Ausubel (2003) quando o novo conhecimento é apresentado ao aprendiz e este interage com a sua estrutura cognitiva, mas de forma arbitrária e literal, o resultado é uma aquisição não significativa dos conteúdos, ocorrendo a aprendizagem mecânica.

É necessário ratificar que os alunos do PROEJA, concluíram o ensino fundamental há algum tempo, fato este que deve ser considerado quando um novo assunto é apresentado a eles, resultando possivelmente em um aprendizado mecânico, o que para Moreira (2009, p.10) é um aprendizado desejável “[...] em uma fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimento”. Para o autor, ocorrerá a aprendizagem mecânica em uma determinada área até o momento da construção de conhecimentos necessários nesta área, suscitando na estrutura cognitiva elementos que permitam a ligação com um novo aprendizado posteriormente, o que pode vir a possibilitar uma aprendizagem significativa.

Ao questionar os alunos da classe sobre o menor intervalo de tempo sem estudar de algum discente, obtive como resposta dez anos e o maior tempo, treze anos. Na perspectiva de Ausubel (2003), na tentativa de possibilitar a construção de subsunçores aos alunos, desenvolvi as aulas que ocorreram do segundo ao quinto encontro como organizador prévio, para que pudessem ancorar o novo material de aprendizagem. Para Moreira (2010, p. 14) ao dissertar sobre o organizador prévio expõe que:

Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

4.2.5. Quinto encontro da intervenção pedagógica

No quinto encontro, novamente ocorreram problemas para iniciar a aula, pois, o número de alunos foi mais reduzido ainda em relação ao quarto

encontro. Novamente optei em cancelar a aula. Ainda naquela semana, ficou acordado que a aula de reposição seria no sábado.

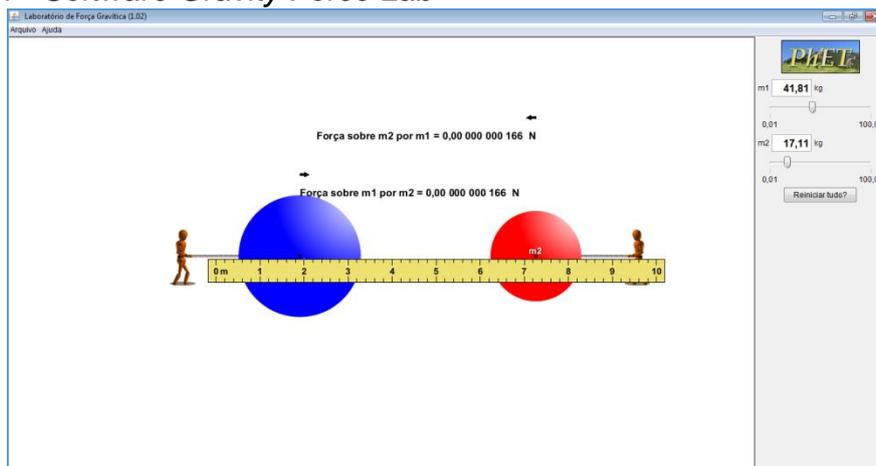
No sábado a aula iniciou no laboratório de informática com a temática de campo gravitacional e conseqüentemente, aceleração da gravidade. Ao definirmos o vetor (\vec{g}) e, como atividade inicial propus: “Utilizando os dados para o planeta Terra, encontre o valor aproximado para a aceleração da gravidade (\vec{g})”. Novamente os alunos apresentaram dificuldades com o desenvolvimento matemático da questão. Estruturei o passo a passo no quadro e iniciei a resolução, deixando para eles finalizarem o desenvolvimento. O valor de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$ não foi encontrado por todos. Na sequência, abordei a variável que representa a altitude, quando a mesma não pode ser desprezada, ou seja, após estas explanações, iniciei então a utilização do primeiro roteiro (Apêndice C) para o desenvolvimento da atividade de simulação computacional.

4.3.Sexto encontro: Estudo da Lei da Gravitação Universal e aceleração da gravidade

Neste encontro se utilizou concomitantemente, o *software* de simulação computacional pertencente ao *PHET*¹⁷, *Gravity-Force-Lab* e o *software* de planilha eletrônica *Microsoft Excel*. Neste primeiro momento, o roteiro para a utilização desse *software* foi inspirado em atividades disponíveis no site do *PHET*. O objetivo foi de estudar as relações de proporcionalidades tanto na força gravitacional, quanto na aceleração da gravidade, conforme a interação entre corpos. O padrão de comportamento de ambas as grandezas, por meio da estruturação de gráficos e a verificação do princípio da Ação e Reação, também foram os objetivos neste roteiro. O *software* tem a finalidade de, conforme fossem alterados os valores das suas massas (corpo azul e vermelho) ou a distância entre eles (em que se podia utilizar uma régua virtual presente no programa), calcular o valor da Força Gravitacional e visualizar suas representações vetoriais dos corpos que interagem entre si (Figura 34).

¹⁷ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 03 ago. 2014.

Figura 34 - Software Gravity Force Lab



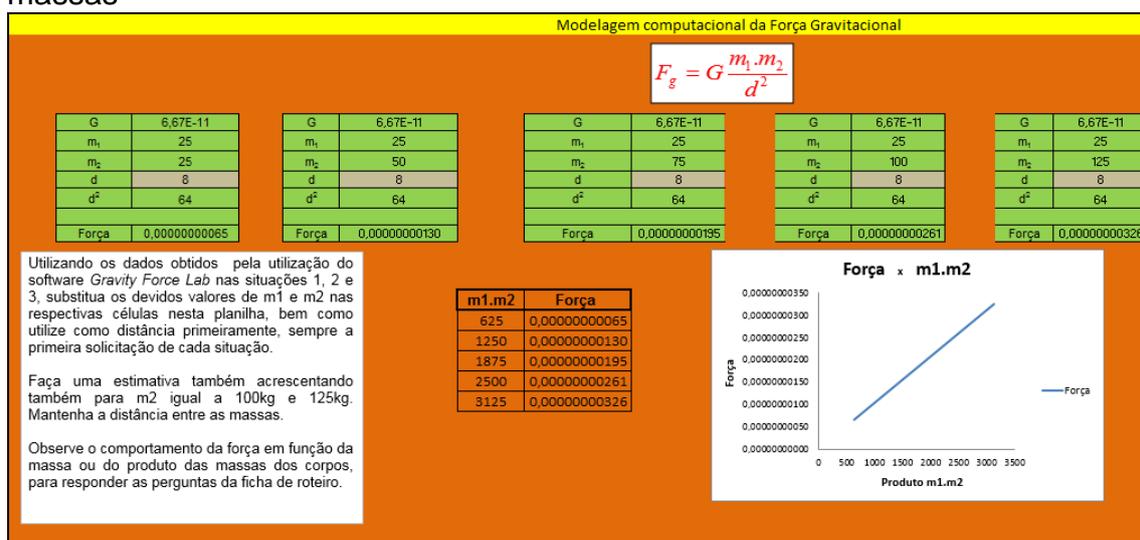
Fonte: Do autor, 2015.

Iniciei com a apresentação do *software* aos alunos, interagi junto com eles para a utilização e verificação das aplicações das atividades gravitacionais. O primeiro roteiro (Apêndice E), apresenta quatro situações de análises, a medida que são alteradas as massas e as distâncias entre os objetos na simulação. No primeiro instante, permanecia constante a massa dos corpos sendo reduzida a distância entre eles de forma gradativa. O programa de simulação computacional calculava a força gravitacional e mostrava as forças de ação e reação em cada um dos respectivos corpos.

No segundo instante para as mesmas variações de distância, foi solicitado que os alunos inserissem um valor que correspondesse ao dobro da massa de um dos corpos, para que verificassem a relação de proporcionalidade entre a força gravitacional e o valor das massas. No terceiro instante, a solicitação foi para que triplicassem o valor da massa de um dos corpos em relação ao outro. Na quarta situação, mantinha-se o valor das massas constantes e, alteraram-se as distâncias. Para cada situação, os alunos anotavam os valores de inserção no simulador e os respectivos resultados em tabelas disponíveis na atividade.

Após a finalização do preenchimento dos dados das situações no roteiro de atividades, que ocorreu de forma relativamente rápida pelos alunos, solicitei que executassem o arquivo de planilhas eletrônicas (Figura 35), para a realização da atividade de modelagem computacional referente a Lei de Newton da Gravitação Universal, *forçagravitacional.xlsx*.

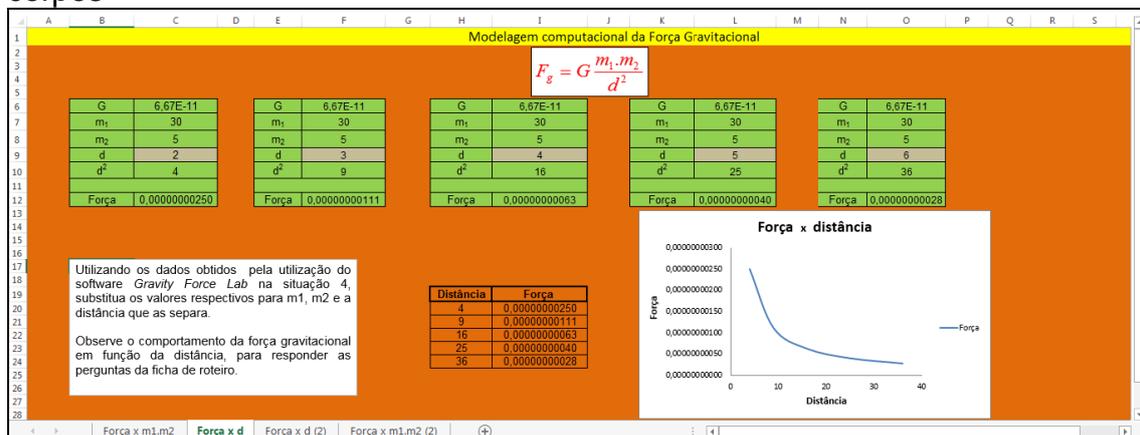
Figura 35 - Modelagem para Força Gravitacional em função do produto das massas



Fonte: Do autor, 2015.

A Figura 35, mostra a atividade de modelagem com a intenção de que os alunos observassem o padrão de comportamento da força gravitacional em função do produto das massas do corpo. Já na Figura 36, o estudo era para se verificar o padrão referente a força em função da distância entre os corpos.

Figura 36 - Modelagem para Força Gravitacional em função da distância entre corpos



Fonte: Do autor, 2015.

Os valores utilizados nas planilhas foram obtidos do preenchimento das informações, conforme a primeira parte do roteiro com a utilização do *software Gravity Force Lab*. A primeira questão das atividades, abordou que ao se calcular a força gravitacional de um corpo sobre o outro, os pares encontrados resultavam sempre no mesmo valor absoluto. Percebi que para os alunos que

ainda tinham dúvida em relação ao princípio da ação e reação, este momento foi elucidativo. Quando foi fornecido o tempo para a resolução da questão o aluno **A19** fez a pergunta: “Professor, o valor das forças sobre os corpos é igual porque é a ação e reação?”. O aluno **A10** acrescentou: “Acho que é isso, não é professor?”. O aluno **A11** completou: “Só pode!”. Muitos alunos balançaram a cabeça com o sinal positivo, concordando com a resposta e continuaram a responder. Na Figura 37 e 38, apresento as respostas dos alunos **A16** e **A24**, respectivamente:

Figura 37 - Resposta apresentada pelo aluno A16

1) Em todas as situações acima, o valores obtidos de Força para cada par de m_1 em m_2 e Força de m_2 em m_1 resultaram em um mesmo valor ou diferente, mantendo constante a distância entre as massas? Explique sua resposta.

R: Os valores foram iguais. Porque toda Ação e Reação tem a mesma intensidade

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 38 - Resposta apresentada pelo aluno A24

1) Em todas as situações acima, o valores obtidos de Força para cada par de m_1 em m_2 e Força de m_2 em m_1 resultaram em um mesmo valor ou diferente, mantendo constante a distância entre as massas? Explique sua resposta.

Resp: iguais. porque eles tem a mesma intensidade (ação e reação)

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Ao observar as respostas apresentadas pelos alunos nas Figuras 37 e 38 e a do aluno **A19** (anteriormente), verifiquei a percepção que obtiveram, reconciliando de forma integrativa as características da força gravitacional e o princípio da Ação e Reação. Segundo Moreira (2013, p. 13) “a reconciliação integrativa é um esforço explícito, para explorar relações” presentes em diferentes conteúdos programáticos, que o aluno reconcilia as diferenças e semelhanças entre eles (conteúdos). Os discentes verificaram que as forças atuantes nos corpos, simulados no *software*, apresentaram o mesmo valor na intensidade por constituírem um par de forças ação e reação. Dos participantes da pesquisa, dezessete alunos apresentaram respostas coerentes cientificamente, conforme descrito anteriormente.

A segunda e a terceira questões objetivaram os estudos da relação de proporcionalidade entre força gravitacional e massa, assim como entre força e distância. Os alunos não chegaram logo a conclusão, provavelmente devido aos valores obtidos para a força gravitacional. Novamente, apresentaram dificuldades no desenvolvimento matemático necessário para solucionar o problema. O aluno **A18** fez a seguinte pergunta: “*Professor, a gente compara os valores pra chegar na resposta?*”. Respondi a ele: “**Sim**”. Perguntei na sequência: “*Como nós fazemos essa comparação?*” O aluno **A11** respondeu: “*Dividindo*”. Os alunos obtiveram os resultados, após um certo tempo. Permiti que interagissem entre si para que a colaboração mútua entre eles pudesse facilitar o processo de aprendizagem, por meio do compartilhamento de ideias e discussões.

A quarta questão abordava a atração entre corpos de massas diferentes, como a Terra e uma pessoa, por exemplo. Os alunos explicaram o efeito gravitacional entre os corpos. Nas Figuras 39 e 40, as respostas dos alunos **A4** e **A23**, respectivamente:

Figura 39 - Resposta apresentada pelo aluno A4

<p>4) Caso um objeto tenha um valor de massa consideravelmente elevado em relação ao outro corpo, qual o efeito que a força gravitacional poderá causar?</p> <p><i>Um corpo será atraído literalmente pelo outro por que possui maior quantidade de massa.</i></p>
--

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 40 - Resposta apresentada pelo aluno A23

<p>4) Caso um objeto tenha um valor de massa consideravelmente elevado em relação ao outro corpo, qual o efeito que a força gravitacional poderá causar?</p> <p><i>As como a força e de atração da terra é que é mais forte que a do outro corpo, e o corpo menor será literalmente atraído pelo maior.</i></p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os alunos **A4** e **A23** se referiram ao fato do corpo de menor massa sofrer um deslocamento em direção ao corpo de maior quantidade de matéria.

Nessa situação, é possível notar a ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora (MOREIRA, 2013). A primeira é evidenciada por meio da diferenciação do subsunçor inicial (força), para força gravitacional, em que demonstram uma ampliação na significação deste conhecimento específico (força). Os alunos possivelmente perceberam que a atuação da força pode ocorrer também a distância (força de campo) além da ideia de corpos em contato entre si (força de contato). A possível ocorrência da reconciliação integradora, por sua vez, é notada no fato de atribuírem à massa, a propriedade inercial, ou seja, o corpo que apresenta a maior quantidade de matéria também apresenta a maior inércia, sendo a recíproca verdadeira. Para o autor a ocorrência mútua desses dois fenômenos é exposta da seguinte maneira: “[...] o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente, os novos conhecimentos em interação com aqueles já existentes” (ibidem, p. 18).

A quinta questão solicitava que os alunos explicassem o fato de não ocorrer uma atração entre os seus corpos e objetos pequenos como lápis ou borracha (semelhante a dois ímãs próximo de polos de nomes opostos). As Figuras 41 e 42 apresentam as respostas de dois alunos:

Figura 41 - Resposta apresentada pelo aluno A11

5) A força gravitacional é de atração entre as massas de corpos distanciados entre si. Seguindo este raciocínio, porque seu caderno escolar, lápis ou borracha, não são atraídos pelo seu corpo. da mesma forma que a Terra os atraem? Explique.

apesar de haver força gravitacional entre os corpos, essa força é tão desprezível que um não consegue atrair o outro

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 42 - Resposta apresentada pelo aluno A17

5) A força gravitacional é de atração entre as massas de corpos distanciados entre si. Seguindo este raciocínio, porque seu caderno escolar, lápis ou borracha, não são atraídos pelo seu corpo. da mesma forma que a Terra os atraem? Explique.

R= como há força gravitacional os dois corpos se atraem mas essa força é tão desprezível que um não chega a atrair o outro literalmente

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Moreira e Masini (2001), percebi nesta questão, por meio das respostas dos alunos **A11** e **A17**, que foram capazes de reconciliar de forma integrativa as semelhanças e diferenças e as inconsistências entre o estudo realizado da força gravitacional e as relações de proporcionalidade entre as massas dos corpos e a da distância entre eles. Os discentes estabeleceram uma conexão entre os conteúdos, chegando à conclusão que o valor da força gravitacional nesse tipo de situação é insignificante.

A sexta e última questão desta primeira atividade de modelagem e simulação computacional solicitava que os alunos explicassem se dois astronautas poderiam ser atraídos mutuamente, por meio da interação gravitacional entre eles, desprezando a presença de qualquer outro corpo. As Figuras 43 e 44 trazem as respostas dos alunos **A4** e **A21** respectivamente:

Figura 43 - Resposta do aluno A4

<p>6) Considere dois astronautas no Espaço Sideral, na ausência de qualquer corpo com elevado valor de massa. Sendo assim, observado a interação mútua entre ambos, os dois astronautas próximos um do outro irão se atrair? Explique.</p> <p><i>Sim, mais a força continua desprezível, apenas não deixa de ter força gravitacional.</i></p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 44 - Resposta do aluno A21

<p>6) Considere dois astronautas no Espaço Sideral, na ausência de qualquer corpo com elevado valor de massa. Sendo assim, observado a interação mútua entre ambos, os dois astronautas próximos um do outro irão se atrair? Explique.</p> <p><i>Sim, há atração, mas não tem como perceber. A força gravitacional é desprezível.</i></p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Nessa situação, notei a presença da incorporação de significados pelos alunos por meio do estabelecimento de semelhanças e diferenças entre abordagens dos conteúdos físicos ministrados, por meio da reconciliação integradora (REHFELDT, 2009). Na resposta do aluno **A21** e na do aluno **A4**, que utiliza a expressão “[...] ‘mas’ a força continua desprezível [...]”, em que está se referindo a questão anterior (quinta questão), cuja resposta estava

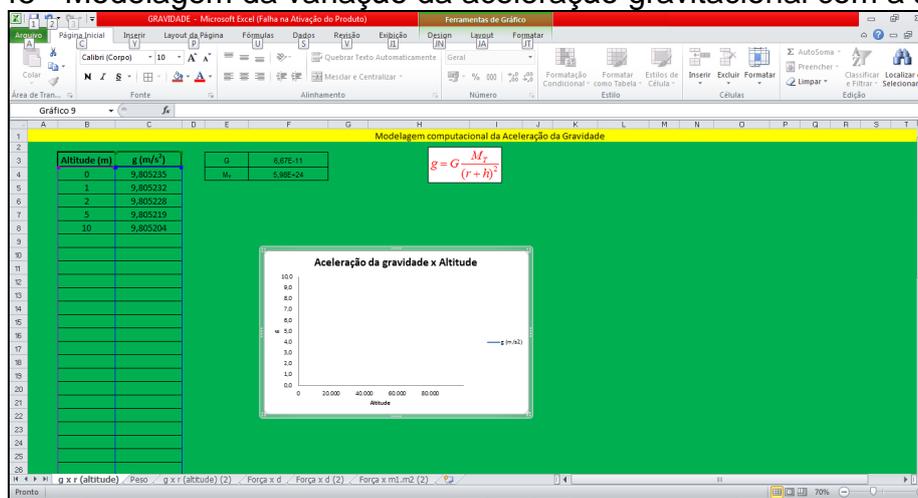
relacionada com a fato de a intensidade da força gravitacional ser desprezível, é possível perceber essa conexão.

Ao fim desta aula, percebi um indício de aprendizagem significativa, por meio das respostas trazidas pelos alunos em diferentes contextos de aplicação da lei da gravitação universal. Essa constatação está alicerçada nas observações de campo da pesquisa, por meio das interações que tive com os estudantes, durante a resolução da atividade e através de perguntas, quando tive dúvidas nas respostas escritas deles, como foi o que ocorreu com o termo “atração”, intrínseco a ideia de força entre corpos. Então, o indício verificado está no fato de alguns discentes apresentaram a capacidade de, em situações distintas, utilizar e revisitar o conceito de força gravitacional.

4.3.1. Sétimo encontro: Estudo da aceleração da gravidade e força peso

O roteiro (Apêndice F) utilizado nessa aula continha as atividades de modelagem computacional por meio de planilhas eletrônicas no *Microsoft Excel*. Os objetivos dessas atividades foram o de se estudar a aceleração da gravidade em função da altitude e a relação entre peso e massa. Ao iniciar a aula, apresentei o roteiro e as atividades aos alunos. Solicitei que executassem o arquivo gravidade.xlsx (Figura 45), inspirando-me em atividade similar desenvolvida por Gonzatti (2008).

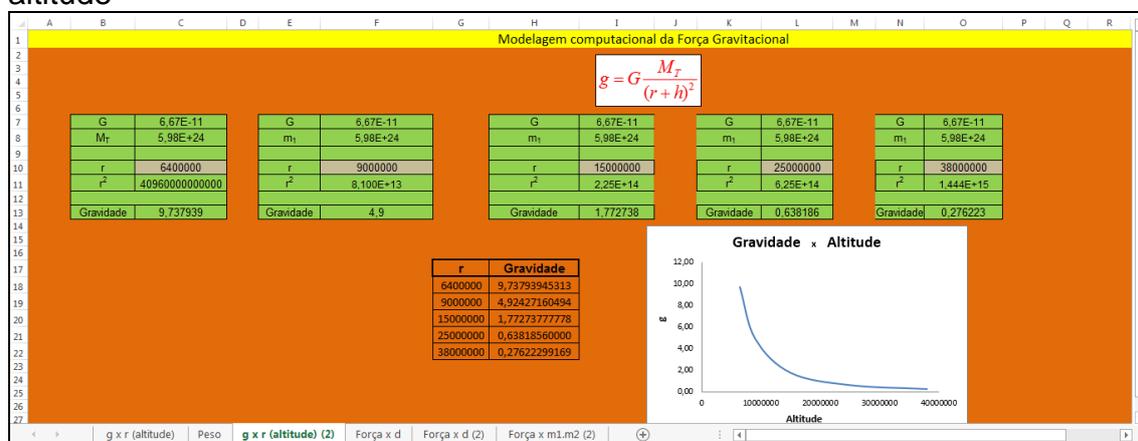
Figura 45 - Modelagem da variação da aceleração gravitacional com a altitude



Fonte: Do autor, 2015.

Todos os alunos, no começo da atividade, apresentaram dificuldades no preenchimento de valores para verificar o padrão de comportamento da aceleração da gravidade em função da altitude. Intervi e gradativamente foram plotando o gráfico. Solicitei na sequência que alternassem de planilha para novamente verificarem o padrão entre a aceleração da gravidade e a altitude, mas com um novo formato (Figura 46). Os alunos não encontraram dificuldades nesta segunda planilha e rapidamente obtiveram o gráfico.

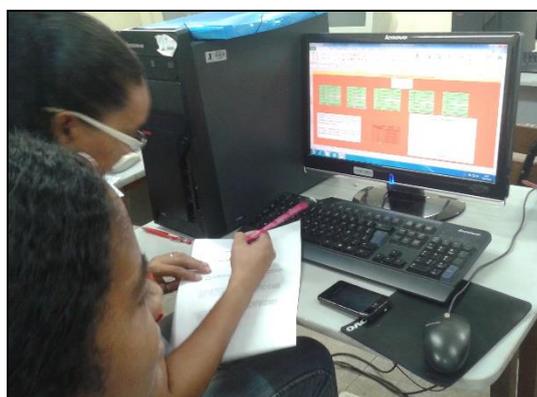
Figura 46 - Segunda planilha de Modelagem da variação gravitacional com a altitude



Fonte: Do autor, 2015.

A primeira questão do presente roteiro tinha como viés investigativo a verificação da noção de proporcionalidade pelos alunos entre a aceleração da gravidade e a altitude. Na Figura 47, os alunos utilizam os roteiros para o desenvolvimento da atividade proposta.

Figura 47 - Fotos dos alunos utilizando o roteiro para a modelagem computacional



Fonte: Do autor, 2015.

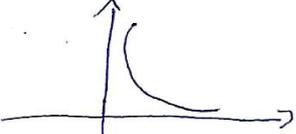
Quanto a segunda questão, o gráfico resultante também é apresentado na Figura 46. Já a terceira questão, solicitava que os alunos explicassem qual seria o valor da gravidade se a altitude fosse zero. Mostro a resposta do aluno **A24** na Figura 48, como uma representação do padrão verificado na maioria das respostas dadas (dezesseis):

Figura 48 - Respostas do aluno A24

1) Qual o padrão que você percebeu da aceleração da gravidade variando em função da altitude? Explique.

R: grandezas inversamente proporcionais
os valores gravitacionais vão diminuir

2) Qual o gráfico que representa a situação explicada anteriormente?



3) Qual o valor da aceleração da gravidade, quando a altitude for zero? Explique.

R: m/s^2
9,8 $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$
Dessa forma o que vale zero é
(h)

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Esse aluno afirma que as grandezas são inversamente proporcionais. Mesmo que tenham manifestado dificuldades para a reprodução do gráfico, ou por não conhecerem este padrão de plotagem, a maioria utilizou a modelagem e concluiu com a plotagem. O aluno **A24** reproduziu o valor da gravidade, $9,8 \text{ m/s}^2$, na hipótese de que a grandeza que representa a altitude (h) assumisse um valor nulo. Houve uma resposta coerente cientificamente, por meio da citação da fórmula da aceleração da gravidade e a percepção que permaneceria apenas o raio da Terra no cálculo. Os demais alunos da turma seguiram raciocínios parecidos chegando às respostas corretas, com exceção ao aluno **A25**. Contudo, pelas características das respostas apresentadas, remeto-me a Ausubel (2003), sendo possível que tenham descrito apenas respostas memorizadas e mecânicas, pois não encontrei nenhum indício que me remetesse a pensar em um aprendizado significativo.

Na atividade seguinte, presente em outra planilha no mesmo arquivo do *Microsoft Excel*, solicitava que os alunos inserissem o valor da sua massa na célula específica da planilha. Ao realizar esta inserção, automaticamente era calculado o seu peso para o planeta Mercúrio, e então, ao se utilizar do recurso de “arrastar”, foram efetuados os cálculos dos pesos para os demais planetas e a lua (Figura 49).

Figura 49 - Planilha de modelagem computacional para o estudo de massa e peso

Vamos encontrar o valor do nosso Peso ao longo dos planetas da via láctea?

Qual o valor da sua massa?

$P = mg$

m = 10 kg

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão	Lua
g (m/s ²)	3,8	8,6	9,8	3,7	24,8	10,5	8,5	10,8	5,9	1,7

Peso (N) 37,8

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A segunda questão solicitava que os alunos respondessem qual a grandeza que sofreria alteração se a massa e/ou peso, caso fosse possível estarem em diferentes planetas. Já na terceira questão deveriam responder sobre o caráter variável entre massa e peso. Seguem as respostas do aluno **A14** (Figura 50):

Figura 50 - Respostas do aluno A14 referente as questões de 1 a 3

- 1) Verifique o seu Peso (Em unidade do S.I.) em relação aos planetas abaixo, utilizando a função arrastar, na planilha. Sendo assim, quais os valores verificados para:
 - a) Mercúrio: 260,82 N
 - b) Vênus: 863,4 N
 - c) Terra: 980 N
 - d) Marte: 366,68 N
 - e) Júpiter: 2480 N
 - f) Saturno: 1050 N
 - g) Urano: 850 N
 - h) Netuno: 1080 N
 - i) Plutão: 170 N
- 2) A sua massa se alteraria caso fosse possível você estar nestes planetas? E o seu Peso?

*Sim porque altera a Massa altera o peso
mas a massa não altera o peso sim por causa da gravidade porque cada planeta tem o seu peso*
- 3) Entre as grandezas Peso e massa, quem é constante e quem é variável? Explique.

*Massa constante
Peso variável
Cada planeta tem sua gravidade em cada planeta teriamos um peso*

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Um fato me chamou a atenção na segunda questão do aluno **A14**. Ao passar pelos alunos enquanto realizavam a tarefa, verifiquei que a segunda questão estava riscada. Li a resposta anulada, esperei a escrita da resposta final e indaguei: “Por que você riscou esta frase?”. O aluno **A14** respondeu: “*Professor, porque eu escrevi errado*”. Perguntei novamente: “O que você escreveu errado, alguma palavra, a frase toda ou a resposta?”. O aluno respondeu: “*A resposta*”. Perguntei então: “Por que você acha que essa primeira resposta riscada está errada?”. O aluno respondeu: “*Porque eu tava dizendo que se ‘muda’ a massa, ‘muda’ o peso*”. Perguntei novamente: “E essa resposta está errada?”. O aluno respondeu: “*Quando terminei de escrever, vi que tava errado. Tinha esquecido que o que muda é o peso, a massa não muda*”.

Em relação ao esquecimento no processo de ensino de aprendizagem, Moreira (2011, p. 39) nos remete ao pensamento que:

[...] aprendizagem significativa não é aquela que o aprendiz nunca esquece. O esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa; é o que Ausubel chamava de assimilação obliteradora, ou seja, a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que serviram de ancoradouro cognitivo.

Inicialmente poderia ter ocorrido aprendizagem mecânica com a memorização de conceitos e fórmulas pela resposta escrita pelo aluno **A14**. Ao indagá-lo sobre o motivo de ter anulado sua resposta inicial, fui levado a pensar que um indício de aprendizagem significativa é o fato do esquecimento ocorrer de forma residual, haja vista o conhecimento esquecido, conforme Moreira (op. cit), está dentro do subsunçor, onde se encontra de forma remanescente. É possível que tenha ocorrido uma compreensão científica sobre o fenômeno observado e conseqüentemente descrito pelo aluno (a relação entre peso e massa em outros planetas do sistema solar e na lua).

A quarta questão foi elaborada a partir de um vídeo, que se encontrava indicado em seu enunciado. As imagens deste vídeo mostram o astronauta *David Scott* segurando uma pena de falcão e um martelo de alumínio, permitindo caírem em queda livre. Reproduzi o vídeo em sala e, após

a leitura das questões, solicitei que resolvessem a atividade proposta. Cabia aos alunos que citassem o valor da aceleração da gravidade na Lua, assim como o cálculo da força peso de ambos os corpos (pena e martelo). Alguns discentes utilizaram o próprio *Microsoft Excel* para o cálculo do peso e outros a calculadora, apenas um aluno não utilizou nenhum dos meios, o **A25**. Abaixo (Figura 51) apresento as respostas do aluno **A2**:

Figura 51 - Respostas do aluno A2 em relação a quarta questão

a) Ao deixar cair a pena e o martelo, qual objeto você acredita que chegou primeiro ao solo Lunar? Explique.

Os dois chegarão juntos
a queda depende da gravidade que é a mesma, os objetos não tiveram influência do ar.

b) Qual o valor da aceleração da gravidade que ambos os objetos estavam submetidos na lua?

$g = 1,6 \text{ m/s}^2$

c) Qual o Peso do martelo, na Lua?

$P = 2,244 \text{ N}$

d) Qual o Peso da pena, na Lua?

$P = 0,051 \text{ N}$

¹ Extraído e adaptado de http://fisicanosderna.blog.uol.com.br/arch2012-04-08_2012-04-14.html. Acesso em 18 nov. 2014.

$P = m \cdot g$
 $P = 0,03 \cdot 1,7$
 $P = 0,051 \text{ N}$

$P = m \cdot g$
 $P = 1,32 \cdot 1,7$
 $P = 2,244 \text{ N}$

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

As respostas da quarta questão, pertencentes ao aluno **A2**, são um reflexo das demais respostas dos participantes da pesquisa, com exceção ao aluno **A25**. Conforme Souza Filho et al. (2009) é comum que os discentes no início do ensino médio, admitam que entre dois corpos em queda livre, o de maior massa chegue primeiro ao solo. Já no pré-teste semiestruturado, percebeu-se que oito alunos (26,67%) entendiam que o chumbo (por acreditarem ser mais pesado), chegaria primeiro ao solo. Este número reduziu-se para apenas um aluno nesta atividade, o **A25**. Conforme Figura 51, sou levado a intuir que possivelmente os alunos perceberam que se o atrito com o ar for desprezível, os tempos de queda serão praticamente os mesmos, que de

acordo com Ausubel (2003) demonstra um processo de estabilidade e clareza dos conhecimentos estudados.

Um fato relevante que verifiquei foi a autonomia que tiveram para resolver as atividades, seja pela calculadora ou principalmente pelo *Microsoft Excel*, estruturando o algoritmo matemático no caderno, no roteiro ou na própria planilha de atividades. Notei também que, pelo fato de pertencerem ao curso técnico em informática, a utilização do *Microsoft Excel*, apresentou-se como uma ação natural que, por já terem conhecimento da sua utilização (conhecimento prévio específico), facilitou expressivamente a resolução da atividade. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa requer que o aprendiz apresente uma pré-disposição em aprender. Verifiquei de forma potencial esta disponibilidade nas atividades utilizando as planilhas eletrônicas. Diante deste fato, é possível inferir que estas atividades de modelagem nas planilhas, possivelmente constituíram uma ferramenta para facilitar a aprendizagem significativa, tanto em relação ao conceito da aceleração da gravidade, quanto ao da força peso, constituindo-se em materiais potencialmente significativos.

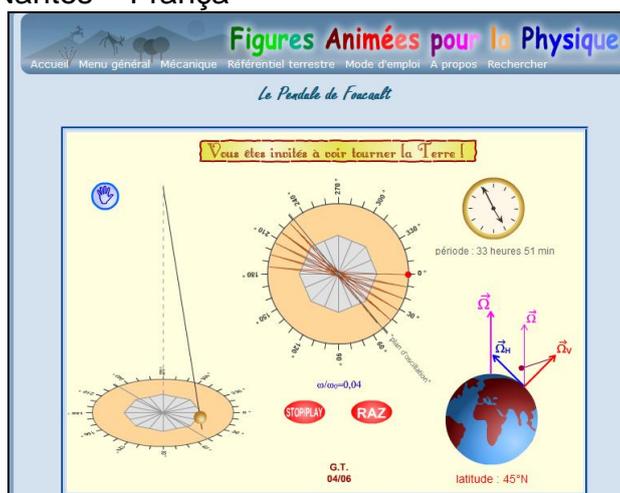
Para a aula seguinte, solicitei aos alunos que realizassem a leitura das páginas 51 até 57, do material de Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008). Ao fim da atividade, avaliei a possibilidade de passarmos nossas aulas para o sábado, devido ao fato de que, durante a semana, os alunos se ausentavam frequentemente. A maioria aceitou e, após conversarmos com a gestão escolar, e eu assumir as despesas com a condução dos alunos e lanche, a pesquisa ocorreu desta forma. A necessidade de eu assumir essas despesas foi por conta de que na escola, evitam-se aulas aos sábados, devido a sua localização ser longe para a maioria dos alunos e, os valores gastos pelos discentes impactarem em sua renda familiar.

4.3.2. Oitavo encontro - Estudo das Leis de Kepler e da Lei da Gravitação Universal

A aula foi iniciada com os tópicos de rotação e revolução da Terra, com um breve histórico acerca de tais movimentos. Explorei o estudo dos modelos geocêntrico e heliocêntrico. Retraturei os efeitos da rotação do nosso planeta,

como o fuso horário e a variação no valor da aceleração da gravidade. Segundo o material de estudo solicitei que os alunos acessassem o endereço do *website*¹⁸ da Universidade de Nantes, uma instituição de ensino pública Francesa que dispõe de uma página com simulações de física. Utilizei a simulação para retratar a experiência do Pêndulo de Foucault como prova da rotação da Terra (Figura 52).

Figura 52 - Simulação do Pêndulo de Foucault disponível no site da Universidade de Nantes – França



Fonte: Do autor, 2015.

Na sequência abordei o movimento de translação e as Leis de Kepler, assim como o fenômeno do dia e da noite (Figura 53). Apresentei o *software My Solar System* e entreguei o roteiro de atividades para os alunos (Apêndice G).

Figura 53 - Alunos no laboratório de informática executando o *software My Solar System*



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

¹⁸ Disponível em: http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/RefTerre/Foucault0.html. Acesso em: 19 Mar. 2014

A primeira questão do roteiro de atividades solicitava que os alunos reproduzissem a visualização da simulação solicitada, que descrevia o movimento de translação da Terra ao redor do Sol. Todos os alunos desenharam de forma coerente com a simulação. No segundo item da primeira questão, propus o desenvolvimento de uma explicação pelos alunos referente ao fato de a simulação poder representar ou não o sistema Sol-Terra. Vinte e um alunos desenvolveram suas respostas conforme a visão científica atualmente aceita. Os demais discentes não responderam este questionamento. A seguir, algumas respostas dos alunos:

A6: *Com base no movimento que o planeta faz ao redor do Sol. Estando mais próximo do Sol é periélio o mais afastado afélio e a trajetória é uma elipse.*

A24: *Sim se refere ao movimento de rotação e translação onde temos o periélio e afélio.*

A25: *Sim porque o movimento que a terra está girando ao redor do sol, existe um ponto mais perto e mais afastado na rota.*

A justificativa dos alunos ocorreu recorrentemente devido as posições Periélio e Afélio. Percebi que cognitivamente eles associaram a ideia de movimento elíptico com as referidas posições, o que de acordo com Rehfeldt (2009), há a possibilidade de ter ocorrido a reconciliação integradora, pelo fato de terem verificado semelhanças nos conceitos trabalhados, o modelo computacional e as aulas teóricas de Leis de Kepler. Este padrão de respostas ocorreu para dezessete alunos dos vinte e um que finalizaram esta questão. A segunda questão perguntava novamente se a trajetória de um corpo de massa menor, orbitando ao redor de outro com massa maior, poderia ser comparada ao sistema Sol-Terra. A simulação realizada para a segunda questão mostrou uma trajetória elíptica, cuja excentricidade é extremamente baixa, tendendo a um movimento circular. Algumas respostas:

A12: *Sim, a terra continua girando ao redor do sol, significa que é uma elipse.*

A15: *Pois a elipse mostra na figura aproximadamente a distância são as mesmas do periélio e afélio 3%.*

A21: *Sim. Porque existe uma trajetória elíptica e a excentricidade muda.*

Ao transitar pela sala durante a atividade, verifiquei a resposta do aluno A12 e fiz a seguinte indagação: “Pela modelagem, o fato da Terra estar girando ao redor do Sol significa que a trajetória é elíptica?” O aluno respondeu: *“Professor, a trajetória da Terra é elíptica, então esse giro é uma elipse”*. Perguntei então: “A trajetória da Terra ao redor do que?”. Ele respondeu: *“Do Sol”*.

Na sequência, parei próximo ao aluno A21 e, ao ler a sua resposta, fiz a seguinte pergunta: “Por que você afirma que a trajetória visualizada na simulação é elíptica?”. O aluno respondeu: *“Porque a trajetória da Terra ao redor do Sol é uma elipse”*.

Em relação a resposta do aluno A15, fiz a seguinte pergunta: “Como você pode afirmar pela modelagem que a diferença das distâncias de periélio e afélio em relação ao Sol é de 3%?”. Ele respondeu: *“Não dá pra perceber, por isso é esse o valor, porque 3% pra Terra não dá pra perceber, como aqui é pequeno, ai que não se vê mesmo”*.

Conforme Tipler e Mosca (2006), a excentricidade para a trajetória da órbita da Terra ao redor do Sol, apresenta um valor baixo, 0,0016, o que torna a essa forma geométrica praticamente circular. Ao observar as respostas dos alunos, percebi que associaram a trajetória do movimento de revolução da Terra, com o formato elíptico de baixa excentricidade, conforme havia sido discutido durante a aula teórica. De acordo com Moreira (2011), essas argumentações dos discentes apresentam indicativos do estabelecimento de relações entre elementos do conteúdo apresentado em sala, a trajetória de revolução e o formato elíptico, correspondendo a possivelmente elementos da reconciliação integradora.

O penúltimo questionamento da segunda questão, solicitava que os discentes respondessem o valor da diferença de distância do periélio e afélio em relação ao Sol. A maioria dos alunos respondeu de forma coerente cientificamente. O último questionamento, requeria dos discentes que explicassem se as estações verão e inverno eram consequências das posições periélio e afélio. A seguir, apresento algumas argumentações fornecidas por alguns alunos, de um total de dezesseis, que seguiram este padrão:

A6: *Se dá [devido] ao eixo imaginário que tem uma inclinação de 23,5°, que causa verão no extremo e em outro um intenso inverno.*

A15: *Não porque a causa da estação é o eixo imaginário. É de 23,5°.*

A16: *Devido ao 'inclinamento' da terra em 23 graus. Por isso em um lado da Terra é verão e na outra extremidade é inverno. Esta explicação é a inclinação da Terra que em um lado é mais para o sol e o outro não recebe tanto calor.*

A21: *Não; a causa das estações do ano é a inclinação do planeta.*

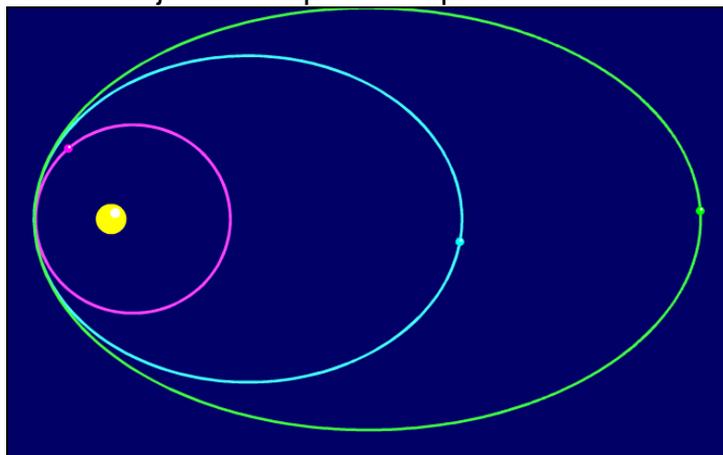
A24: *Não, porque a causa das estações do ano, é o eixo imaginário, 23,5.*

A25: *Não porque a causa das estações do ano é a inclinação da Terra em 23,5°.*

Conforme Moreira (2013, p. 8) uma das concepções alternativas mais comuns no ensino de ciências, aprendidas de forma significativa é o fato das pessoas acreditarem “que no verão estamos mais próximos do sol e no inverno mais distantes, explicando assim as estações do ano”. Nessa perspectiva, Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008) destacam que a real causa das estações é a inclinação do eixo imaginário da Terra, em aproximadamente 23,5°, em relação a normal do plano de revolução ao redor do Sol. No pré-teste semiestruturado, vinte e um alunos evidenciaram a falta de conhecimento desta causa, o que me fez pensar que estas respostas demonstram uma transição conceitual em suas concepções iniciais em relação ao fenômeno das estações. Conforme Moreira (2013), é possível que as argumentações dos discentes, apresentadas acima, tragam elementos da reconciliação integradora, já que no pré-teste semiestruturado, a maioria dos discentes demonstrou desconhecimento na causa das estações. Passaram a explorar as relações entre esses tópicos, que inicialmente não relacionavam entre si: a inclinação no eixo imaginário da Terra e as estações do ano. É válido destacar que, quando abordei o assunto de Leis de Kepler, comentei brevemente sobre as estações do ano de forma geral.

Na terceira questão, o intuito foi de estudar a excentricidade de trajetórias de três planetas ao redor do de uma estrela (Figura 54). No primeiro questionamento, cabia ao aluno indicar e explicar qual das trajetórias se assemelharia a do planeta Terra.

Figura 54 - Diferentes trajetórias elípticas de planetas orbitando o Sol



Fonte: Do autor, 2015.

A seguir, apresento algumas respostas:

A12: *O rosa, pois sua excentricidade é muito baixa referentes aos outros.*

A15: *Rosa porque a excentricidade é muito baixa.*

A24: *O rosa, porque é o menos que tem excentricidade, muito baixa.*

A16: *O planeta rosa é o certo. Pois expressa melhor a ideia de Periélio e Afélio, dá a ideia de distância.*

No pré-teste semiestruturado, vinte alunos apresentaram respostas equivalentes com as trajetórias modeladas em cores azul e verde da Figura 54, as concepções deles eram que a Terra possuía uma trajetória elíptica com alto valor de excentricidade. Nesta questão, vinte e quatro alunos apresentaram respostas coerentes conforme um atual modelo científico, optando pela trajetória de cor rosa, com baixo valor de excentricidade. Novamente percebi uma transição conceitual nos conhecimentos dos alunos em relação ao diagnóstico realizado pelo pré-teste semiestruturado e, na fala do aluno **A16**, ocorreu uma associação entre a excentricidade da trajetória elíptica com uma aproximação entre a Terra e o Sol, por meio do periélio e afélio. Conforme Ausubel (2003) essa associação entre diferentes conteúdos realizada pelo aluno **A16**, possivelmente indica a ocorrência da reconciliação integradora, pois o discente descreveu que se a excentricidade for maior, as distâncias entre periélio e afélio também serão maiores, sendo a recíproca verdadeira.

Como último questionamento da terceira questão, cabia aos alunos explicarem se as estações do ano seriam afetadas pelas formas das trajetórias nos três planetas, devido as diferentes excentricidades. Cinco discentes não responderam. A seguir apresento algumas respostas:

A12: *Sim, somente o azul e verde interfere pois o periélio está num lugar e o afélio no outro muito longe.*

A15: *O azul e o amarelo interferem no periélio e no afélio pelos exageros da excentricidade.*

A21: *O rosa não interfere, o azul e o verde interferem por causa do alto valor da excentricidade.*

A24: *Apenas no azul e verde pelos exageros da excentricidade.*

A25: *O rosa não interfere. O azul e verde interferem, por causa da excentricidade.*

Esta etapa final da terceira questão estava em consonância com Ausubel (2003) ao tratar sobre diferentes aplicações do mesmo conteúdo, que no caso, é a órbita elíptica da Terra ao redor do Sol. Na perspectiva assinalada por Moreira (2003) e Gonzatti (2008), muitas pessoas ainda admitem que o fenômeno das estações é dependente da distância Sol-Terra (modelo das distâncias), o que foi verificado ao analisar as respostas dos vinte alunos que apresentaram respostas equivalentes com as trajetórias modeladas nas cores azul e verde da Figura 54, no pré-teste semiestruturado. Nesta questão, dos vinte e cinco alunos respondentes, nenhum citou que as estações são afetadas na situação de órbita semelhante à da Terra (planeta com a cor rosa). As argumentações dos alunos me fazem perceber características pertencentes a reconciliação integradora, além de possivelmente ter ocorrido uma transição em suas concepções relacionadas tanto a trajetória de revolução da Terra, quando das estações.

A quarta questão do roteiro objetivou a análise do comportamento da velocidade média dos três corpos de cores rosa, azul e verde, durante o período de revolução (Figura 54). Nos dois primeiros questionamentos (Figura 55), os alunos deveriam escolher e explicar entre as opções da velocidade permanecer constante, aumentar ou diminuir durante o movimento de

revolução na simulação. Para o caso de um planeta, em seu movimento de translação, afastar-se e aproximar-se da estrela (Figura 55), ou aproximar-se (Figura 56), trago as respostas dos alunos **A16**, **A21**, **A6** e **A15**:

Figura 55 - Resposta dos Alunos A16 e A21

<p>a) Afastam-se do Sol: A velocidade média permanece constante, aumenta ou <u>diminui</u>? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.</p> <p><i>Por causa da força centrípeta. Por que quando maior a distância menor é a força gravitacional, e a velocidade média diminui.</i></p>	<p>a) Afastam-se do Sol: A velocidade média permanece constante, aumenta ou <u>diminui</u>? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.</p> <p><i>porque perto do Sol a força gravitacional é grande e longe a força diminui e a distância aumenta</i></p>
---	---

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 56 - Resposta dos Alunos A16 e A21

<p>b) <u>Aproximam-se</u> do Sol: A velocidade média permanece constante, <u>aumenta</u> ou diminui? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.</p> <p><i>A velocidade aumenta pois a distância é menor e a força gravitacional aumenta também aumentando também a velocidade média</i></p>	A6
<p>b) <u>Aproximam-se</u> do Sol: A velocidade média permanece constante, <u>aumenta</u> ou diminui? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.</p> <p><i>Quando o planeta se aproxima do sol aumenta a força gravitacional e a velocidade do período é mais rápida.</i></p>	A15

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Dias, Santos e De Souza (2004), para o modelo Sol-Terra, não há a presença da aceleração tangencial. Então, a aceleração resultante no movimento de revolução só apresenta a componente centrípeta, consequentemente a força resultante será centrípeta. Então, essa força resultante é central, e correspondente a força gravitacional entre a Terra e o Sol. Não cabe à força gravitacional a mudança de velocidade orbital. Ao ler as explicações dos alunos contidas nas Figuras 55 e 56, fui remetido a pensar que possam ter raciocinado que, a força gravitacional atuaria como a força tangencial no movimento de revolução da Terra, constituindo o agente motriz para a mudança do valor da velocidade. Dos trinta partícipes da pesquisa, dezenove alunos responderam a essa questão seguindo o padrão apresentado nas Figuras 55 e 56. Um possível fator que pode explicar essa tendência nas respostas dos alunos é que a maioria dos estudantes – em diferentes cursos,

níveis e idades – apresentam uma concepção de força aristotélica, entendendo que sempre deve haver uma força na direção do movimento e que força e velocidade são diretamente proporcionais (GONZATTI, 2008). Embora o enfoque dessa pesquisa não seja discutir essas concepções de força, é importante notar como os estudantes utilizam seus conhecimentos prévios – nesse caso, concepções intuitivas e em desacordo com as leis da Mecânica Clássica – para explicar situações distintas.

Ausubel (2003) descreve que se deve apresentar ao aprendiz novas situações problemáticas de um determinado material de ensino, para verificar que se ele é capaz de demonstrar um aprendizado diante do novo desafio. Conforme Alonso e Finn (1972) caberia aos alunos argumentarem, em função da segunda Lei de Kepler, para justificar o aumento de velocidade no periélio e diminuição no afélio, o que não ocorreu. Nesse caso, percebeu-se conceitos e relações que precisariam ser melhor explorados para a construção de concepções mais completas e sistêmicas das conexões entre os conceitos.

No penúltimo questionamento da quarta questão do roteiro, os alunos deveriam citar o nome da força responsável pelo movimento orbital dos planetas ao redor do Sol. Vinte e três alunos responderam “força gravitacional” e sete alunos responderam “força de atração”. Na sequência, os discentes deveriam responder se a força gravitacional é de atração ou repulsão e explicar suas respostas. Das argumentações apresentadas, dezesseis seguiram o padrão do aluno **A24**, que descreveu da seguinte forma: “*Atração porque os valores das massas serão apenas positivas*”. Esta argumentação simples para força gravitacional está apoiada no fato de que, na mecânica clássica, não ocorrerem valores de massas e nem distâncias negativas (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1983).

O último questionamento deste roteiro, ainda em relação as forças de interação entre os planetas e o Sol, solicitava que os alunos optassem entre elas serem de mesma intensidade, maior ou menor, uma em relação a outra. Dezoito alunos apresentaram respostas coerentes com a concepção correta – as forças de atração entre os astros correspondem a pares de ação-reação, de igual intensidade e sentidos contrários, não se cancelando porque são aplicadas em corpos diferentes (os que participam da interação). O aluno **A11**, ao ler o enunciado, chamou-me e fez a seguinte pergunta: “*Professor, essa*

*aqui é ação e reação né? Depois de tanta força que a gente já viu e calculou aqui, só pode". Apresento as respostas dos alunos **A1**, **A11**, **A13**, **A24**:*

A1: *Mesmos valores, porque tem ação e reação.*

A11: *São as mesmas forças, ação e reação.*

A13: *Mesmo valor. Pelas massas se acha a força que vão ter mesma direção e valor.*

A24: *Mesmos valores e têm sentidos opostos baseado na ação e reação.*

É possível perceber que os estudantes associam a ideia de ação e reação às forças de interação entre uma estrela e um planeta, de forma coerente cientificamente. O Sol e a Terra se atraem mutuamente por meio da atuação da força gravitacional, cujo valor de intensidade e a direção de ação são os mesmos, mas o par de forças apresentam sentidos opostos, o que caracteriza a terceira Lei de Newton (HALLIDAY; RESNICK, 1997).

Ao fim desta quarta atividade, devido às respostas e argumentações dos alunos, posso inferir que houve indícios de aprendizagem significativa. Ao estudar as respostas dos alunos na segunda questão, como as transcritas aqui, a princípio acreditei que estava diante de evidências de que as concepções do formato da trajetória elíptica (nome e forma) pudessem ter sido aprendidos mecanicamente. Sendo assim, para os discentes, qualquer que fosse a forma da trajetória, seria associada ao nome elíptica. Esta hipótese mudou em parte, quando verifiquei as respostas da terceira questão, pois foram desafiados a lidar com os mesmos conceitos em um contexto diferente das proposições anteriores. A nova situação analisava três trajetórias ao mesmo tempo, com excentricidades diferentes e os discentes conseguiram identificar, conforme uma concepção científica, a forma da trajetória mais adequada para o modelo Sol-Terra.

Sendo assim, neste roteiro, foi necessário e estimulado que os alunos utilizassem subsunçores já existentes, como as relações de proporcionalidade estudadas e/ou lembradas em força gravitacional com o *software Gravity Force Lab* e o *Microsoft Excel*, assim como a própria força gravitacional. As leis de Newton também foram necessárias, especificamente o princípio da ação e reação e as Leis de Kepler.

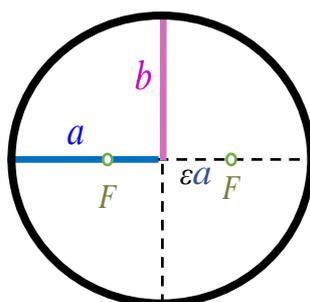
Diante das respostas dos alunos, percebi que a maioria reconciliou ideias, conseguindo aplicar conceitos físicos em contextos diferentes dos anteriores e, não posso deixar de destacar a exclamação do aluno **A11**, onde em sua opinião seria difícil alguém errar a resposta de um questionamento da força gravitacional. Essa situação está em acordo com o relatado por Rehfeldt (2009); o discente lembrou de outros assuntos abordados em aulas anteriores, utilizando-os para a resolução de seu problema, necessários naquele instante, evidenciando-se então, mais um indício de aprendizagem significativa, por meio da reconciliação integradora.

Ao finalizar a aula, solicitei que os alunos realizassem as leituras disponíveis no material de Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008), nas páginas 57 e de 65 a 72, do artigo de Selles e Ferreira (2004) e do texto de Uhr (2007), todos referentes ao fenômeno das estações do ano.

4.3.3. Oitavo encontro: As estações do ano por meio do *Software Modellus*

A última aula antes do pós-teste versou sobre a temática de estações do ano, com a utilização do *Software Modellus*. Um roteiro com a proposta das atividades foi distribuído aos estudantes (Apêndice H). Como primeira abordagem, retornei à figura geométrica correspondente à elipse (Figura 57). Diferentemente dos livros e materiais didáticos que realizam a presente abordagem, por meio de elipses com excentricidades altas, iniciei contrapondo esta lógica, em que a elipse que mostrei apresenta um valor de 0,26 de excentricidade.

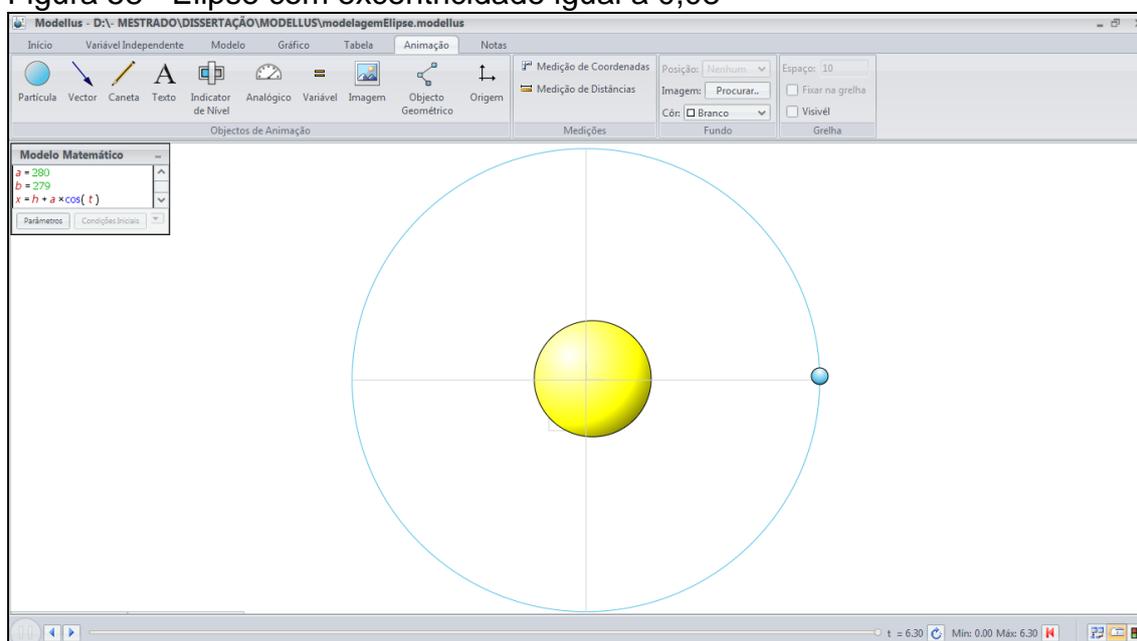
Figura 57 - Elipse com baixo valor de excentricidade



Fonte: Do autor, 2015.

Para que os alunos pudessem modelar as diferentes elipses, alterando suas excentricidades, solicitei que executassem o arquivo *modelagemEllipse.modellus*, referente a modelagem computacional construída para este estudo. Inicialmente, indiquei alguns valores para o semieixo maior (a) e menor (b), a serem inseridos pelos alunos na janela do Modelo Matemático. Os resultados obtidos foram diferentes formatos de elipses. Para a primeira simulação (Figura 58), indiquei valores cuja estimativa da excentricidade resultava em 0,08, ou seja, quatro vezes maior do que o valor da órbita da Terra.

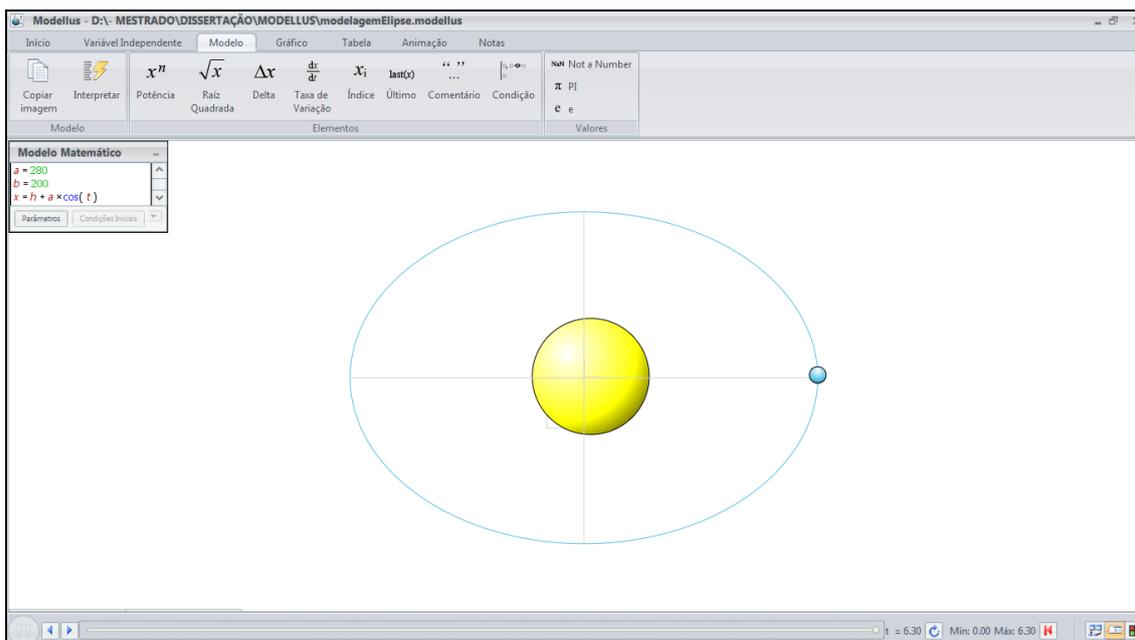
Figura 58 - Elipse com excentricidade igual a 0,08



Fonte: Do autor, 2015.

Ainda com a utilização de alguns valores indicados por mim e outros escolhidos pelos alunos, foram realizadas diversas modelagens, em que observaram a construção das diferentes elipses com o *software Modellus*, finalizando com um valor alto de excentricidade (Figura 59).

Figura 59 - Elipse com excentricidade de 0,7



Fonte: Do autor, 2015.

Por meio de uma simulação apresentada no *Microsoft Power Point 2013*, objetivando a promoção da diferenciação progressiva, relembrei com os discentes a primeira Lei de Kepler e novamente abordei o sistema heliocêntrico aos alunos. Após estes momentos iniciais, solicitei que executassem o arquivo *estaçõesdoano.modellus*. Na janela do modelo matemático do *Software Modellus* (Figura 60), na modelagem computacional, solicitei que inserissem os valores dos coeficientes a e b , que correspondem ao semieixo maior e menor da trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol, respectivamente. Os termos h e k , representam os fatores de translação nas equações da elipse, na forma paramétrica.

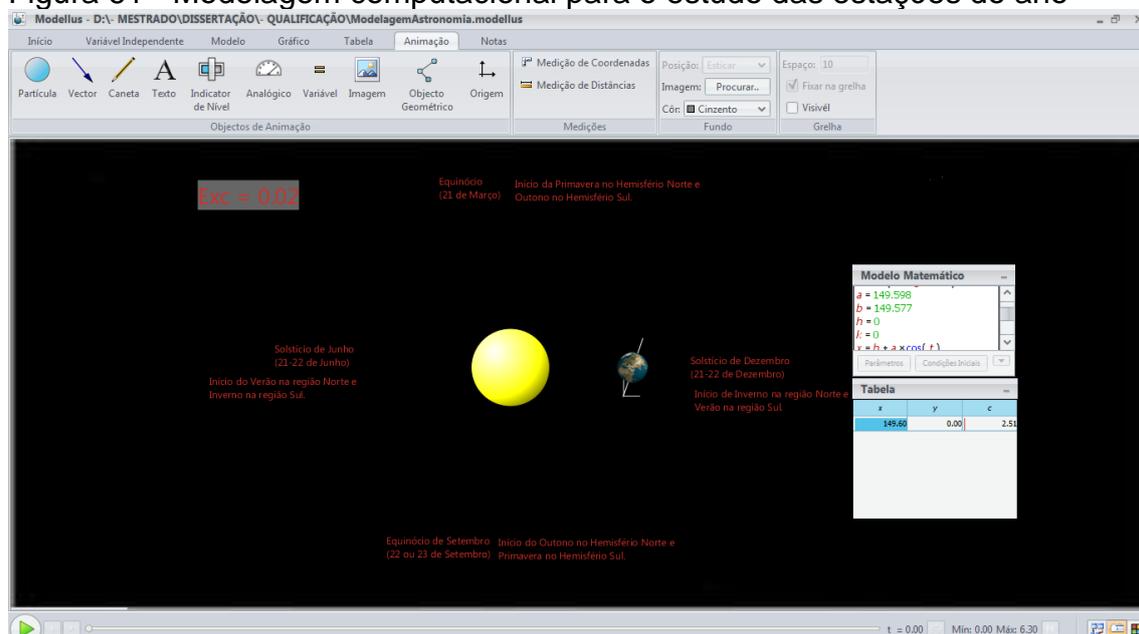
Figura 60 - Valores inseridos no modelo computacional



Fonte: Do autor 2015.

Após essa inserção, o modelo ficou pronto para iniciar a sua execução (Figura 61).

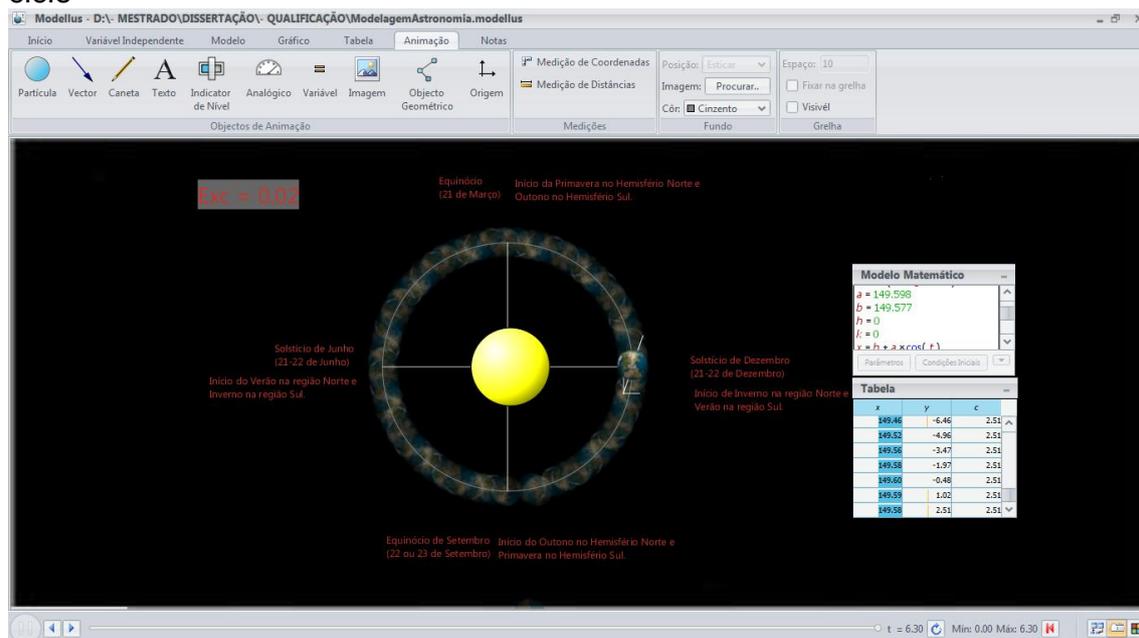
Figura 61 - Modelagem computacional para o estudo das estações do ano



Fonte: Do autor, 2015.

Solicitei aos alunos que iniciassem a modelagem, clicando no botão *play*, no canto inferior esquerdo do Software *Modellus* e que observassem primeiramente o desenvolvimento da modelagem computacional (Figura 62).

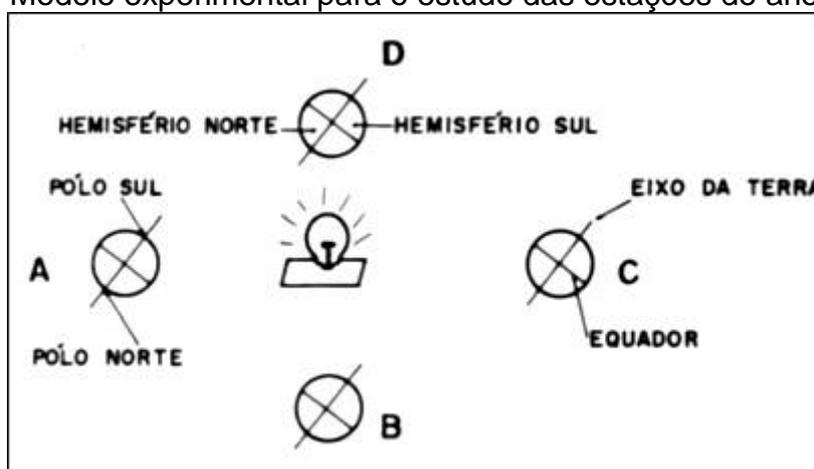
Figura 62 - A modelagem computacional com o Software *Modellus* após um ciclo



Fonte: Do autor, 2015.

Após a primeira visualização da modelagem, correspondendo às diversas posições ocupadas pela Terra durante o movimento orbital ao redor do Sol, fiz uma experiência simples com os alunos. Utilizei uma laranja, uma caneta e a luz emitida pelo datashow (com uma apresentação de slides com fundo branco) para representar o sistema Sol-Terra. Fixei a caneta na cor laranja para representar o eixo de inclinação da Terra, que estava representada pela fruta. Conforme descrito no modelo experimental de Canalle (2010) iniciei as abordagens na posição A (Figura 63) e depois, com o auxílio do aluno **A12** na rotação do Datashow, levei a laranja para a posição C.

Figura 63 - Modelo experimental para o estudo das estações do ano

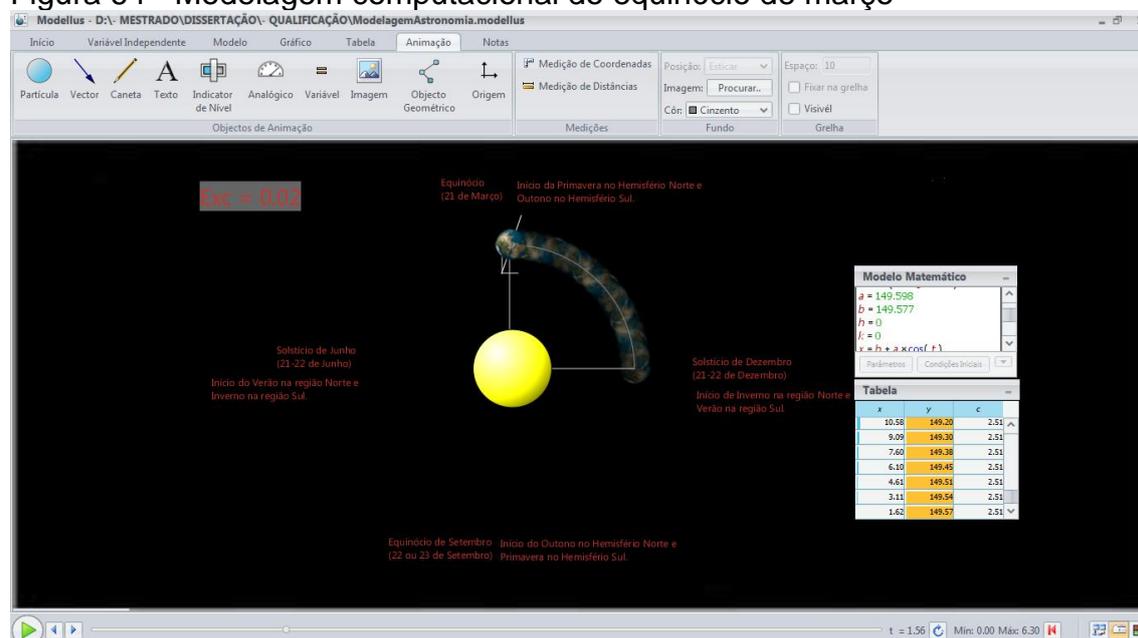


Fonte: Canalle (2010).

Quando a Terra (laranja) se encontra na posição A, é possível demonstrar que é inverno no hemisfério Norte e verão no Hemisfério Sul. Já na posição C, a inclinação do eixo terrestre faz com que o Hemisfério Norte seja mais iluminado, caracterizando agora o verão naquele hemisfério e inverno no Hemisfério Sul. Essa alteração ocorre como consequência da inversão na quantidade de iluminação nos dois hemisférios no período de meio ano. Na sequência, explorei as posições intermediárias. Na posição B, tem-se primavera (Hemisfério Norte) e outono (Hemisfério Sul); e na posição D, a situação se inverte, em relação a posição B (supondo-se que o sentido da translação seja A-B-C-D). Com este experimento ilustrativo, foi possível analisar brevemente o fenômeno das estações e contrastar esse experimento com as simulações que vinham sendo realizadas.

Posteriormente, iniciei as abordagens pertinentes a temática de estações por meio da modelagem que desenvolvi. Utilizando o modelo, trabalhei com o conceito de solstício. Defini a posição orbital que demarca o solstício de dezembro e como ocorre o desequilíbrio na insolação solar entre o Hemisfério Norte e Sul do planeta, devido a inclinação do eixo imaginário da Terra, em aproximadamente $23,5^\circ$. Também foi possível explicar o fenômeno do sol da meia noite (Figura 64). O próximo passo da modelagem foi conduzir a Terra para a posição correspondente ao equinócio de março, por meio do movimento de revolução. Nesse caso, retomei o conceito de equinócio, quando há equilíbrio da incidência solar em todo o globo terrestre. Nos dias de equinócio (março e setembro), a insolação solar tem uma incidência direta no equador do nosso planeta, o que provoca em ambos os hemisférios, praticamente a mesma insolação solar e conseqüentemente um equilíbrio entre o período de duração do dia (tempo de claridade) e da noite (tempo de escuridão) em qualquer lugar do planeta (Figura 64).

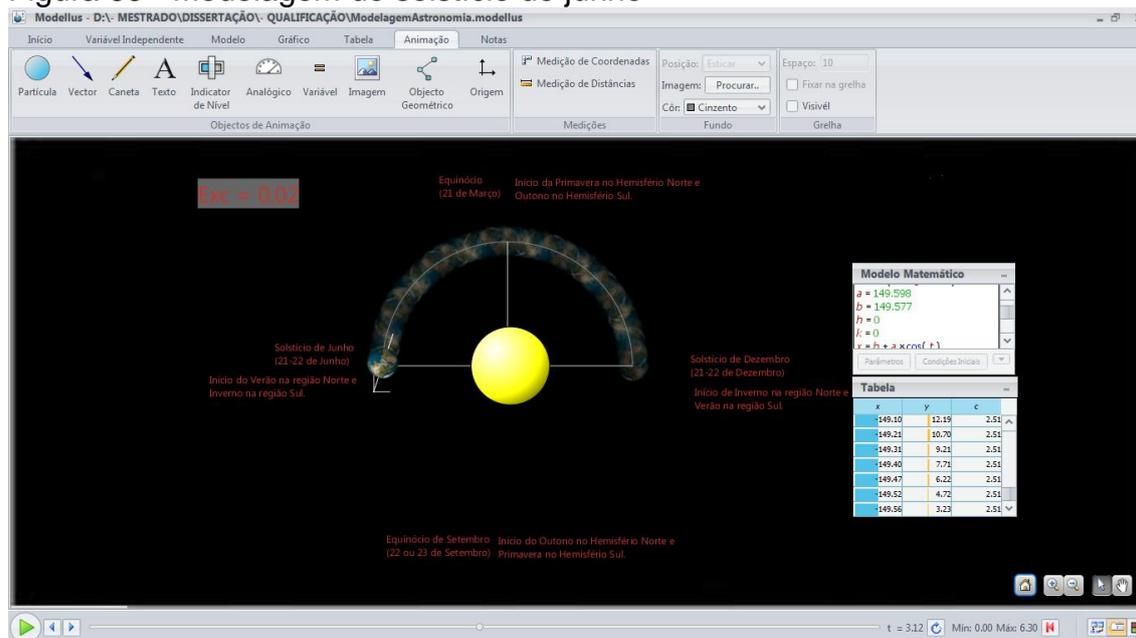
Figura 64 - Modelagem computacional do equinócio de março



Fonte: Do autor, 2015.

Ainda seguindo na execução desse modelo, abordei o solstício de junho (Figura 65). Diferentemente do solstício de dezembro, no hemisfério Norte será inverno e no Sul será verão.

Figura 65 - Modelagem do solstício de junho



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

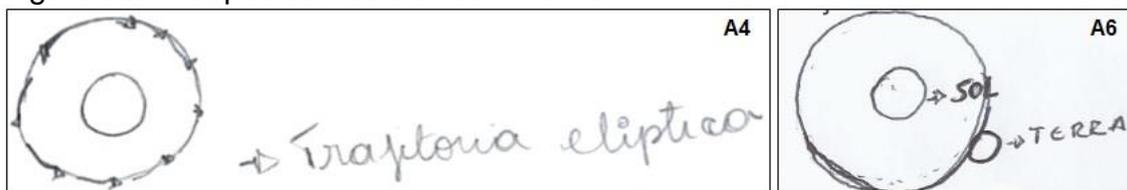
No passo posterior da modelagem computacional, apresentei o equinócio de setembro, com o início do outono no Hemisfério Norte e primavera no Sul. Por fim, abordei o solstício de dezembro novamente. Durante a explicação das estações, o aluno **A11** fez a seguinte pergunta: “*Professor, aqui em Belém a gente tem outono e primavera?*”. No pré-teste semiestruturado, o aluno **A11** escreveu a seguinte argumentação para as estações do ano, na sexta questão: “*é porque no Pará não temos as quatro estações do ano, pois vivemos próximo da linha do equador e o sul como fica longe essas estações são mais observadas*”. Percebi com a pergunta do aluno que possivelmente, ele estava confrontando as informações que apresentei sobre as estações primavera e outono com as observadas em seu cotidiano, percebendo a ausência de um período do ano para caracterizar como outono e primavera, o que pode indicar, na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), a reconciliação integradora.

Portanto, é importante retomar as diferenças na caracterização das estações conforme a latitude. Para Selles e Ferreira (2004), na região norte chama a atenção dois períodos, a época que chove e que não chove, fato este que pode ter suscitado essa dúvida inicial no aluno. Continuando essa problematização, iniciei os questionamentos sobre a forma característica de cada estação do ano, apresentadas em diversos materiais instrucionais,

fazendo a conexão com a pergunta do aluno **A11**. Por meio da modelagem no *software Modellus* e de uma apresentação em *Power Point*, abordei rapidamente as características das Zonas Temperadas e das três modalidades climáticas encontradas no Brasil: equatorial, tropical e subtropical (LIMA, 2006). Na pesquisa realizada por Selles e Ferreira (2004), verificou-se que a maioria das fotos, figuras e desenhos encontrados em livros didáticos do ensino de ciências no Brasil representam uma realidade dicotômica. Alicerçado nesses autores, explorei o fenômeno das estações diferentemente da forma como são apresentados nos diversos materiais instrucionais, em que não associei cada estação com as mudanças na paisagem, como ocorrem em regiões de clima temperado. Apresentei o assunto em função da localização geográfica de cada região do nosso país, tendo como ferramenta de auxílio a modelagem computacional desenvolvida no *software Modellus*.

Após estas abordagens do conteúdo físico, solicitei que os alunos utilizassem o roteiro (Apêndice H) para a resolução da atividade de estações do ano, cujas questões foram inspiradas no desenvolvimento teórico contido em Selles e Ferreira (2004), Lima (2006), Uhr (2007), Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008), Kepler e Saraiva (2014) e observando a necessidade de exploração da modelagem desenvolvida. A primeira parte da segunda questão solicitava que desenhassem a forma da trajetória do movimento de revolução da Terra ao redor do Sol e citassem o seu nome. Vinte e um alunos responderam a questão de forma coerente cientificamente (Figura 66), ou seja, uma órbita com baixo valor de excentricidade. Os demais realizaram o desenho corretamente, mas não colocaram o nome da trajetória, como o aluno **A6**.

Figura 66 - Respostas dos alunos A4 e A6



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Mesmo que os alunos não tenham respondido o nome da trajetória, pode-se perceber que os desenhos feitos apresentam indícios de uma aprendizagem significativa, já que não apresentaram os elevados valores de

excentricidades observados em diversos materiais instrucionais (CANALLE, 2010). A segunda e a terceira parte da questão propôs que os alunos explicassem o motivo da trajetória visualizada na modelagem ser semelhante a uma circunferência. Na Figura 67, as respostas dos alunos **A3** e **A15**:

Figura 67 - Respostas do aluno A3 e A15

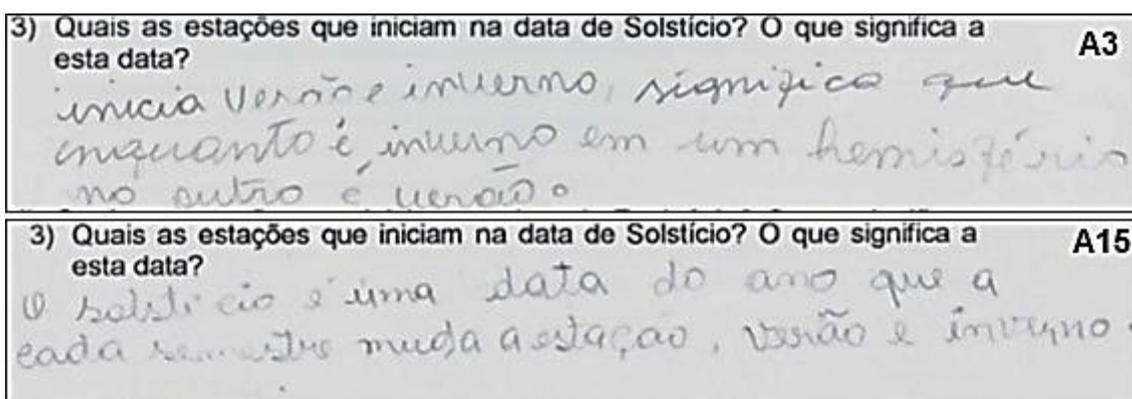
<p>b) Explique o porquê da trajetória visualizada na modelagem ser semelhante a uma circunferência. A3</p> <p>R: os valores dos semieixos são muito próximos, e sua excentricidade muito baixa.</p> <p>c) Quais os valores alterados na modelagem computacional que ratificam a forma da trajetória da Terra ao redor do Sol? Explique sua resposta.</p> <p>semieixo maior a = 149.598. semieixo menor b = 149.577.</p>
<p>b) Explique o porquê da trajetória visualizada na modelagem ser semelhante a uma circunferência. A15</p> <p>Porque a excentricidade é muito baixa.</p> <p>c) Quais os valores alterados na modelagem computacional que ratificam a forma da trajetória da Terra ao redor do Sol? Explique sua resposta.</p> <p>O semieixo maior a = 149.598 A elipse apresenta a O semieixo menor b = 149.577 circunferência ao redor do sol</p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os alunos **A3** e **A15** apresentaram suas respostas de forma coerente cientificamente. Tais respostas refletem as respostas de dezesseis alunos, em que conseguiram argumentar e associar o formato da trajetória modelada à excentricidade e esta com os valores dos semieixos. A excentricidade das elipses varia entre zero e um; quanto mais próximo de zero é este valor mais semelhante de um círculo é a elipse, ou seja, a excentricidade da órbita da Terra é próxima de zero (0,016) e o seu formato é aproximadamente circular (KEPLER; SARAIVA, 2014).

A terceira questão solicitava que os alunos citassem as estações que iniciam nos solstícios e explicassem o significado dessas datas. Dezessete alunos apresentaram argumentações coerentes com o modelo científico atual (Figura 68).

Figura 68 - Resposta do aluno A3



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Uhr (2007) as estações inverno e verão têm seus inícios (22/06 e 22/12, aproximadamente) marcados pelos solstícios de inverno e verão, respectivamente, considerando-se o Hemisfério Sul. Enquanto em um Hemisfério da Terra ocorre o inverno para o outro ocorrerá o verão. Sendo assim, as argumentações apresentadas pelos discentes demonstram coerência. A quarta questão solicitava que os alunos respondessem quais estações iniciavam nos equinócios e o significado destas datas. O número de alunos que apresentaram respostas conforme um modelo atual de ciência, diminuiu em relação a questão anterior, quatorze, sendo que seis não responderam. A seguir, apresento as respostas dos alunos **A2**, **A4** e **A12**:

A2: *É uma data que marca o início da primavera e outono.*

A4: *Inicia primavera e outono, é uma data que acontece em março ou setembro, acontece a cada 6 meses.*

A12: *Equinócio é o início das estações primavera e outono.*

As estações outono e primavera têm seus inícios nas datas de equinócios (21/03 e 24/09, aproximadamente¹⁹) e, pelo fato de nesses dias os raios solares incidirem perpendicularmente em relação ao equador da Terra, ambos os Hemisférios do planeta são iluminados de forma equivalente (Ibidem). As respostas dos alunos, possivelmente indicam a percepção que obtiveram no período que separa um solstício do outro e, que o termo caracteriza o início de duas estações em Hemisférios diferentes da Terra.

¹⁹ Para um observador localizado no hemisfério Sul terrestre.

A quinta questão exigia que os alunos explicassem, em função da duração do dia e da noite, a diferença entre solstícios e equinócios. Até aqui, esta foi a questão em que os alunos mais demonstraram dificuldades: doze apresentaram respostas conforme um atual modelo científico e cinco não responderam. Apresento as respostas dos alunos **A8**, **A16** e **A30**.

A8: *solstícios têm mais que o equinócio e o equinócio é igual dia e noite.*

A16: *Solstícios são diferentes e equinócios iguais.*

A30: *equinócio tempo de dia igual a noite, solstícios dias maiores que as noites.*

As indagações apresentadas pelos alunos indicam que possivelmente os termos solstícios e equinócios correspondem a significações que ainda não haviam sido exploradas em suas vidas estudantis, até o momento da intervenção pedagógica desta pesquisa. O desempenho dos discentes nesta questão corrobora o fato apontado por Moreira (2011), de um conhecimento prévio especificamente relevante deve estar presente na estrutura cognitiva dos alunos para que ocorra a aprendizagem significativa. As argumentações dos alunos **A8**, **A16** e **A30**, que refletem o padrão verificado nas demais, descrevem que nos solstícios ocorrem diferentes durações do período de claridade e escuridão nos hemisférios da Terra e uma igualdade destes períodos nos equinócios. Contudo, conforme Moreira (2011) possivelmente esses conceitos apresentaram-se de forma mecânica, em decorrência da enorme dificuldade demonstrada nas argumentações realizadas pelos alunos. No caso do argumento do aluno **A30**, pode-se perceber que ele sabe que nos solstícios há desigualdade na duração do dia, embora nem sempre os dias sejam maiores que as noites. Isso é correto para o solstício de verão, mas não para o solstício de inverno.

Na sexta questão, a maioria dos alunos achou o questionamento muito semelhante ao da questão quatro, embora ela iniciasse perguntando quando ocorrem os equinócios. Mesmo que tenha explicado novamente sobre as diferenças das questões, apenas o aluno **A12** respondeu: “*os dias têm as mesmas durações da noite, primavera e outono*”. Os demais alunos, ou escreveram que já haviam respondido ou não a fizeram. De acordo com Lima

(2006) e Uhr (2007) a resposta do aluno apresenta-se coerente com um atual modelo científico, haja vista o aluno ter citado as estações primavera e outono e a igualdade no período da duração do dia e da noite no equinócio.

A sétima questão solicitava que os alunos citassem a causa para a ocorrência das estações do ano. Vinte e três alunos argumentaram de forma correta cientificamente e dois não responderam. Apresento as respostas dos alunos **A2**, **A24** e **A30** (Figura 69).

Figura 69 - Resposta dos alunos A2, A24 e A30

<p>7) Qual fator se pode citar como causa para a ocorrência das estações do ano?</p> <p>R: o fator responsável pelas estações do ano é a inclinação do eixo da Terra em $23,5^\circ$.</p> <p style="text-align: right;">A2</p>	<p>7) Qual fator se pode citar como causa para a ocorrência das estações do ano?</p> <p> o eixo imaginário da Terra $23,5^\circ$</p> <p style="text-align: right;">A24</p>
<p>7) Qual fator se pode citar como causa para a ocorrência das estações do ano?</p> <p>A inclinação do eixo imaginário da Terra = $23,5^\circ$ graus.</p> <p style="text-align: right;">A30</p>	

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Gonzatti, Saraiva e Ricci (2008) o fenômeno das estações, tem como causa a inclinação do eixo imaginário da Terra em relação à normal do seu plano da órbita, durante o movimento de revolução ao redor do Sol. Portanto, as respostas dos alunos estão alicerçadas em pressupostos científicos e, assim como ocorreu na utilização do *software My Solar Systems*, percebe-se uma transição conceitual relacionada à aprendizagem dos alunos, na temática das estações do ano.

Conforme já abordado, para Moreira (2003) e Gonzatti (2008) um dos erros mais comuns na temática das estações do ano é o de se admitir como causa do fenômeno uma maior ou menor proximidade entre a Terra e o Sol (o modelo das distâncias), não havendo citação por parte dos alunos deste modelo na presente questão. Um fator a se destacar é que no pré-teste semiestruturado, vinte e três alunos indicaram não conhecer a causa do fenômeno das estações. Agora, ao final da abordagem do tema por meio de diferentes estratégias e materiais didáticos, o mesmo número de discentes demonstram este conhecimento, o que pode ser considerado como um indicativo relevante de aprendizado por parte deles.

A oitava questão requeria que os alunos explicassem as características das estações verão e inverno nos diferentes hemisférios da Terra. Dezenove alunos responderam de forma coerente, considerando a influência das latitudes

e das diferentes zonas climáticas existentes e seis não resolveram. A seguir apresento as respostas dos alunos dos alunos **A2** (Figura 70), **A4** (Figura 71) e **A30** (Figura 72):

Figura 70 - Resposta do Aluno A2

8) Explique as características das estações verão e inverno nos diferentes Hemisférios Terrestres.

Em zonas temperadas temos estações do ano de finidadas; verão é muito sol sempre e inverno é neve, primavera são só de flores e outono frutos.

Em zonas não temperadas (inter tropical) as estações depende de cada região no Brasil por exemplo não temos estações definidas times sol, chuva, flores e frutos o tempo todo, ou seja o ano inteiro

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 71 - Resposta do aluno A4

8) Explique as características das estações verão e inverno nos diferentes Hemisférios Terrestres.

As estações do ano nas zonas temperadas são bem definidas e regulares, já nas outras depende de cada região pois cada uma tem sua particularidade.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Figura 72 - Resposta do ao aluno A30

8) Explique as características das estações verão e inverno nos diferentes Hemisférios Terrestres.

Em zonas temperadas

E.N → só sol (verão)

E.S → só neve (inverno)

FORA DE ZONAS TEMPERADAS → AS ESTAÇÕES IRAM DE DEPENDER DE SUAS REGIÕES

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na nona questão, foi proposto que os alunos explicassem as características das estações primavera e outono, respectivamente. Quatorze alunos responderam a esta questão segundo uma perspectiva teórica semelhante à utilizada na questão anterior (oitava). A título de exemplo, apresento as respostas dos alunos **A11**, **A19** e **A26**.

A11: *Primavera e outono nas regiões temperadas são bem definidas e fora dessa região existem particularidades do local.*

A19: *região temperada tem flores, frutas, queda de folha de árvores, onde não é região temperada não tem divisão, depende da região.*

A26: *Em zonas como a temperada outono tem fruta e primavera tem flores, nas outras não tem definição.*

As respostas apresentadas pelos alunos nas questões oito e nove demonstram uma transição conceitual em suas concepções sobre o fenômeno das estações. No pré-teste semiestruturado, vinte e quatro discentes caracterizaram as quatro estações do ano conforme um modelo europeu, ou seja, da mesma forma como ocorrem em regiões de clima temperado: estações bem definidas e com mudanças nas paisagens (SELLES; FERREIRA, 2004). As argumentações dos discentes indicam que possivelmente estabeleceram a diferença na caracterização das estações em função das regiões analisadas, contrapondo a problemática destacada por Selles e Ferreira (2004) e Lima (2006). Essa problemática é provocada, em boa medida, pelo fato que, em muitos materiais de ensino utilizados no Brasil, o fenômeno das estações do território brasileiro é caracterizado de forma equivocada. De acordo com Ausubel (2003) as respostas dos alunos podem indicar a ocorrência da diferenciação progressiva, com uma possível transição conceitual na forma de caracterização das estações.

A décima questão explorou informações contidas em Kepler e Saraiva (2014) referente ao fato que em janeiro há uma insolação solar maior do que em junho, o que torna as estações do ano mais rigorosas onde se encontra o Brasil, no Hemisfério Sul. Requeria-se dos alunos que explicassem esta afirmativa. Esta questão se apresentou com o menor número de acertos, uma vez que apenas dez alunos deram respostas coerentes cientificamente e cinco não responderam. Apresento as respostas dos alunos **A6**, **A14** e **A22**.

A6: *não, por conta do efeito ambiental que contrabalança esses 6%.*

A14: *Não, no “hemisfério” sul as estações sofrem interferência dos efeitos ambientais.*

A22: *não, o meio ambiente compensará os 6%”.*

Conforme Kepler e Saraiva (2014) mesmo em janeiro, com a insolação solar sendo 6% maior do que em junho, as estações do ano não se tornam mais rigorosas no Hemisfério Sul, onde se encontra o Brasil, por conta do contrabalanceamento proporcionado pela maior quantidade de água nesse hemisfério. As respostas dos alunos, transcritas acima, fundamentaram-se em função de fatores ambientais, discutidos nas aulas prévias utilizadas como organizadores prévios. Para Moreira (2011), não há como prever se uma determinada atividade utilizada como organizador prévio vai funcionar ou não e neste caso, mesmo que apenas dez alunos tenham respondido de forma coerente ao questionamento, é possível que as aulas ocorridas (organizadores prévios) tenham apresentado algum valor de eficácia nas resoluções apresentadas nesta questão.

A décima primeira questão solicitava que os alunos explicassem o motivo de ocorrerem ou não as quatro estações do ano em Belém/PA. Dos trinta participantes da pesquisa, vinte e três alunos responderam de forma coerente cientificamente a questão (Figura 73).

Figura 73 - Respostas dos alunos A3, A24 e A30

11) Podemos afirmar que temos as quatro estações do ano na Região Norte do Brasil, especificamente em Belém/PA? Explique sua resposta.

A3

~~nada, porque não estamos em zona temperada, estamos em uma zona indefinida, na verdade temos vários tipos de climas.~~

11) Podemos afirmar que temos as quatro estações do ano na Região Norte do Brasil, especificamente em Belém/PA? Explique sua resposta.

A24

não, porque não estamos em zona temperada, estamos em uma zona indefinida, na verdade temos vários tipos de climas.

11) Podemos afirmar que temos as quatro estações do ano na Região Norte do Brasil, especificamente em Belém/PA? Explique sua resposta.

A30

REGIÃO NORTE

NÃO - PORQUE ESTÁ FORA DA ZONA TEMPERADA

NÃO HÁ DEFINIÇÃO DAS ESTAÇÕES.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Selles e Ferreira (2004) e Lima (2006) as quatro estações do ano com características bem definidas, que as distinguem entre si, são típicas de regiões pertencentes ao Hemisfério Norte, apresentando mudanças na paisagem (clima temperado), nos seres vivos, nos frutos e no florescimento de plantas. Para o Brasil, o mais adequado é a abordagem do fenômeno por meio da associação às regiões do território nacional, haja vista não ocorrerem os contrastes típicos do clima temperado (SELLES; FERREIRA, 2014). Estas características foram apresentadas pelos respondentes da presente questão, indicando uma possível transição conceitual de aprendizagem na temática em questão. Muitos alunos encontraram dificuldades nas abordagens dos solstícios e equinócios. Este fato se opõe ao que ocorreu com o estudo da forma da trajetória da Terra ao redor do Sol.

De acordo com o último roteiro de atividades, posso inferir que o conceito de solstício foi melhor assimilado pelos alunos, possivelmente por conta das estações associadas a eles, verificadas pelos discentes em Belém. Nas respostas transcritas na terceira questão, é possível verificar indícios de aprendizagem significativa, pois os alunos conseguiram reconciliar de forma

integrativa a inclinação do eixo imaginário da Terra com a ocorrência das estações verão e inverno, nos solstícios. Na quarta questão, com apenas quatorze alunos respondendo de forma coerente, notei que poucos conseguiram associar as estações corretas para os equinócios. Quando foi necessário responder sobre a duração de dias e noites comparando solstícios e equinócios, o número de alunos que coerentemente respondeu reduziu para apenas doze. É possível inferir que a maioria dos alunos possa então, neste primeiro momento, ter aprendido de forma mecânica os conteúdos físicos relacionados aos equinócios, em que a confusão que ocorreu na sexta questão, é um fato recorrente para esta análise.

Quanto a causa das estações do ano, o eixo imaginário da Terra, os argumentos e respostas dos alunos nos dão indícios de aprendizagem significativa para a maioria dos alunos, assim como a caracterização das estações verão e inverno. Conforme as respostas dos alunos, na oitava questão, percebi indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Ao analisar as repostas, notei que os conhecimentos prévios potencialmente necessários para o entendimento das estações possivelmente interagiram com o modelo apresentado, permitindo que os processos de ensino e de aprendizagem nesta turma, sobre este tema, possivelmente fossem facilitados. As argumentações e respostas citadas anteriormente me permitem chegar a essa conclusão.

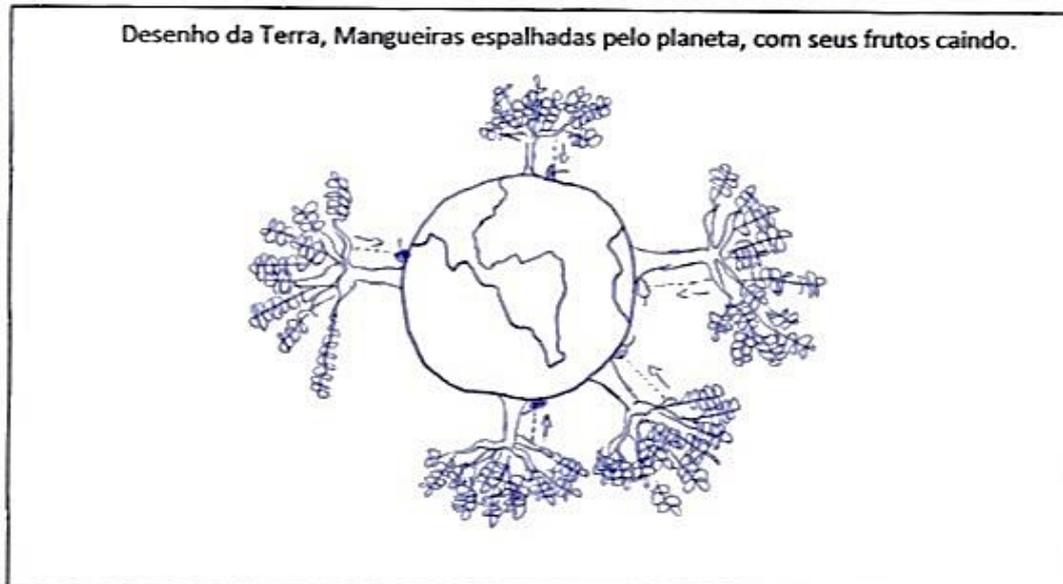
Os discentes conseguiram também confrontar os modelos das quatro estações do ano, ou seja, o que já conheciam e o apresentado na aula, verificando desta forma as semelhanças e as diferenças confusas entre ambos, possibilidades da reconciliação integradora, na oitava, nona e décima questões. Na décima primeira questão os alunos conseguiram novamente reconciliar os conteúdos, pois, seus argumentos foram em função da localização geográfica das estações no território brasileiro e não conforme o modelo europeu. Conseguiram estabelecer a conexão com o fato de nos encontramos fora das zonas temperadas, dando-me indícios de diferenciação progressiva também.

4.4. Análise do pós-teste

A primeira questão do pós-teste (Apêndice D), inspirada em Gonzatti (2008), abordou um texto adaptado de uma notícia publicada em um jornal virtual do Pará os prejuízos que as constantes quedas de mangas têm causado aos moradores de Belém/PA. A mangueira é uma árvore que existe em grande quantidade em Belém, o que faz com que a cidade seja chamada de “cidade das mangueiras”. Minha intenção foi de investigar a capacidade dos alunos de resolução, em relação aos conteúdos físicos pertencentes a temática de Terra como um corpo cósmico, em um novo contexto.

A questão solicitava que fosse realizado o desenho da Terra, com mangueiras espalhadas ao redor do planeta e suas mangas caindo. Dos trinta alunos participantes, vinte e oito (93,33%) apresentaram desempenho considerado coerente cientificamente, caracterizando-os como nível 3 de categorização (conforme níveis apresentados na análise do pré-teste), conforme inspiração em Nussbaum e Novak (1976), Nussbaum (1979), Nardi e Carvalho (1996) e Gonzatti (2008). Um aluno apresentou resposta coerente com o nível 1 e um aluno respondeu coerentemente com o nível 2. Na análise realizada das respostas dos discentes, os indícios referentes a um dos três níveis, ocorreram por meio dos seus desenhos e das suas argumentações. É recorrente destacar que o nível 3 corresponde aos alunos cuja estrutura cognitiva possui conhecimentos específicos. Tais conhecimentos indicam uma construção teórica da Terra como corpo cósmico, considerando aspectos como a forma do planeta e as interações gravitacionais. Nas Figuras 74, 75 e 76 estão apresentados os desenhos realizados pelos alunos **A9**, **A15** e **A25**, correspondentes aos níveis 3, 2 e 1, respectivamente:

Figura 74 - Resposta do aluno A9, caracterizada como nível 3



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os alunos que apresentaram suas respostas, com características do nível 3, desenharam árvores ao redor do planeta, com os frutos caindo em direção à Terra, no padrão da Figura 74. Conforme Nussbaum e Novak (1976) e Baxter (1989), os discentes com essas respostas possivelmente demonstraram que possuem concepções de que a Terra é esférica, fonte de um campo gravitacional, que atrai os corpos para seu centro e está situada em um espaço cósmico. Algumas argumentações dos alunos estão apoiadas nessa percepção, que foi explorada ao longo da intervenção pedagógica:

A6: *As frutas em todas as partes do planeta caindo no mesmo sentido, pois há uma força gravitacional que as puxam para o centro da Terra.*

A10: *Devido a força de atração gravitacional do núcleo da Terra, faz com que qualquer objeto seja atraído para o centro, não importando o lado que esteja.*

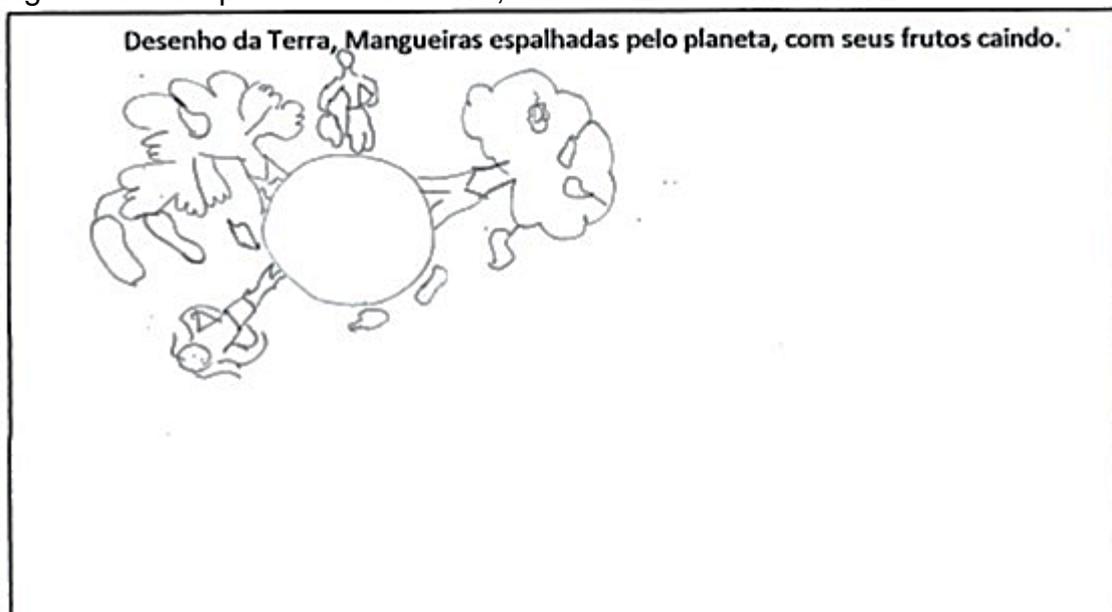
A18: *Há Força de atração, pois os valores da massa serão sempre positivas. Desse modo será puxado para o centro da Terra.*

Nas argumentações dos discentes, foi considerada a Terra como referência para estabelecer as noções de direção e sentido, quando indicaram a queda das frutas ou nas respostas “puxam para o centro da Terra”, “[..] seja

atraído para o centro não importado o lado que esteja”, na direção do que é discutido por Panzera e Thomaz (1995).

Em relação ao desenho do aluno **A15** (Figura 75) caracterizado como nível 2, durante o pré-teste semiestruturado, em análises relacionadas a temática de Terra como um corpo cósmico, o discente apresentou respostas com características do nível 1. Possivelmente houve uma transição conceitual deste aluno, já que o mesmo saiu de um nível de respostas egocêntricas cientificamente para um nível intermediário (nível 2) no pós-teste. O discente não explicou seu desenho na questão.

Figura 75 - Resposta do aluno A15, caracterizada como nível 2

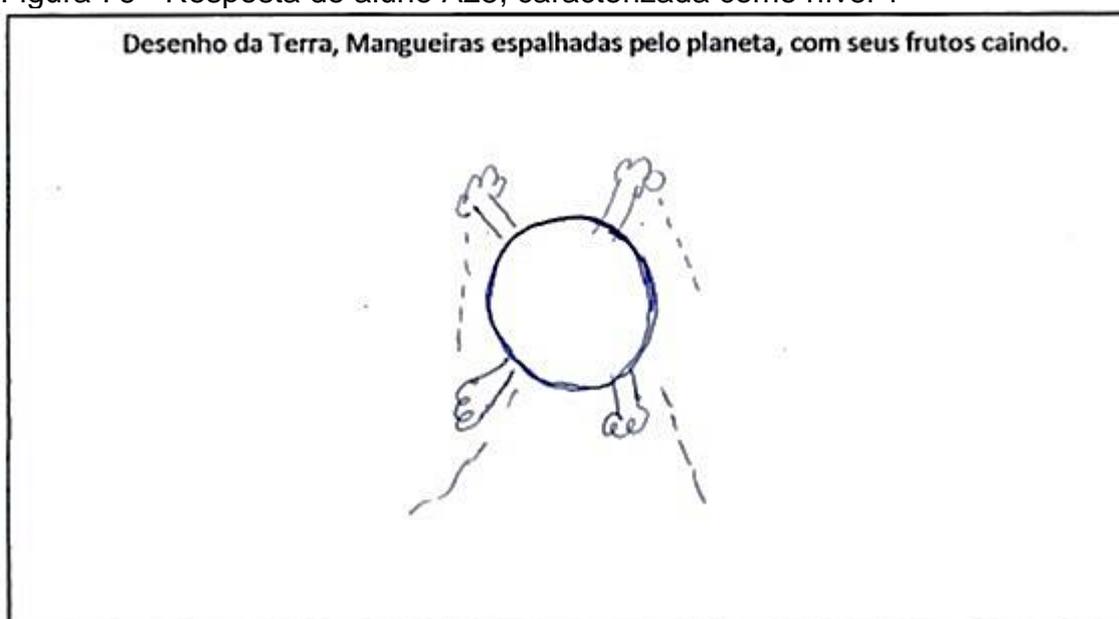


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Em relação ao aluno **A15** demonstrou conhecer o formato da Terra, desenhando pessoas e árvores ao redor do planeta, mas representa alguns frutos caindo para um lugar fora da Terra e até contornando-a (pelo espaço cósmico), o que possivelmente demonstra a não consolidação para o discente de que a Terra é uma fonte de força gravitacional, atraindo corpos em queda (a manga) para o seu centro. Conforme Nussbaum (1979), possivelmente o aluno está reproduzindo uma ideia científica apresentada anteriormente a ele e aceita como verdade, não sendo capaz de explicar em um novo contexto o modelo de Terra esférica, pois possivelmente aprendeu de forma mecânica.

O aluno **A25** apresentou resposta com características relacionadas ao nível 1 (Figura 76), padrão já demonstrado pelo discente no pré-teste semiestruturado. Assim como ocorreu para o aluno **A15**, este aluno demonstrou conhecer o formato da Terra, mas não aplicou de maneira totalmente coerente a noção da Terra como fonte de campo gravitacional. Isso foi perceptível no seu desenho: apesar das mangueiras estarem de pé em relação à superfície da Terra, em cada ponto do desenho, as frutas caem para o espaço. Essas características, conforme Nussbaum e Novak (1976) podem indicar que as concepções de direção e sentido associadas as quedas dos corpos não estão relacionados à Terra e ao seu centro e sim ao espaço cósmico. Conforme os autores, o desenho do aluno **A25**, possivelmente demonstra um desconhecimento das características da interação da Terra como corpo cósmico.

Figura 76 - Resposta do aluno A25, caracterizada como nível 1



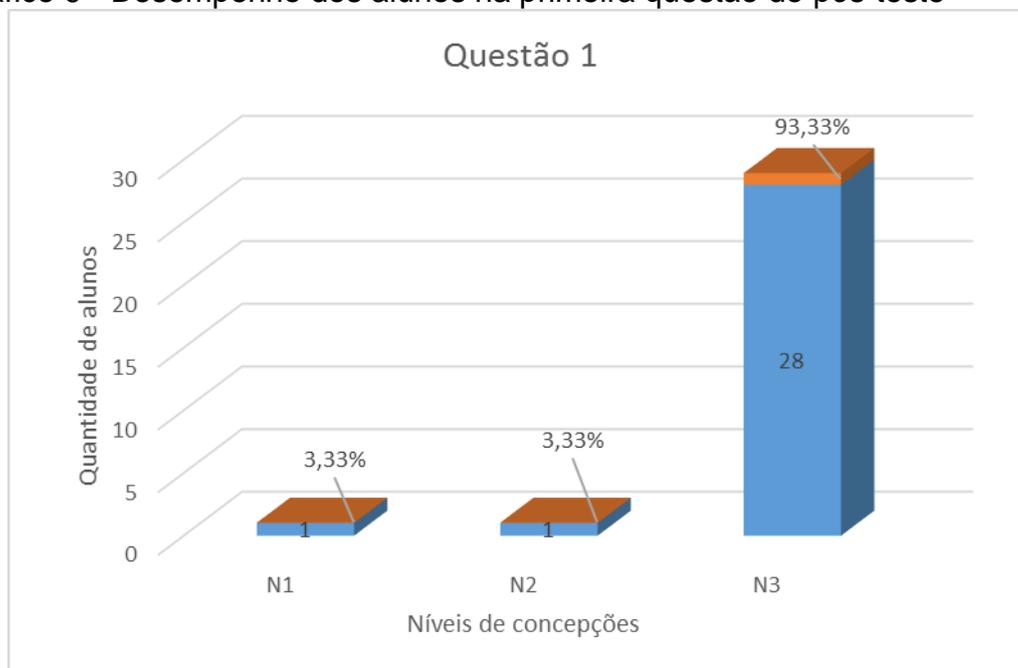
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Apresento a resposta analítico-expositiva do aluno **A25**, em um nível ingênuo cientificamente (nível 1):

A25: *Devido ao seu efeito dinâmico de rotação.*

No Gráfico 9 está representado o desempenho dos alunos de acordo com as características das suas respostas, conforme os níveis de categorização.

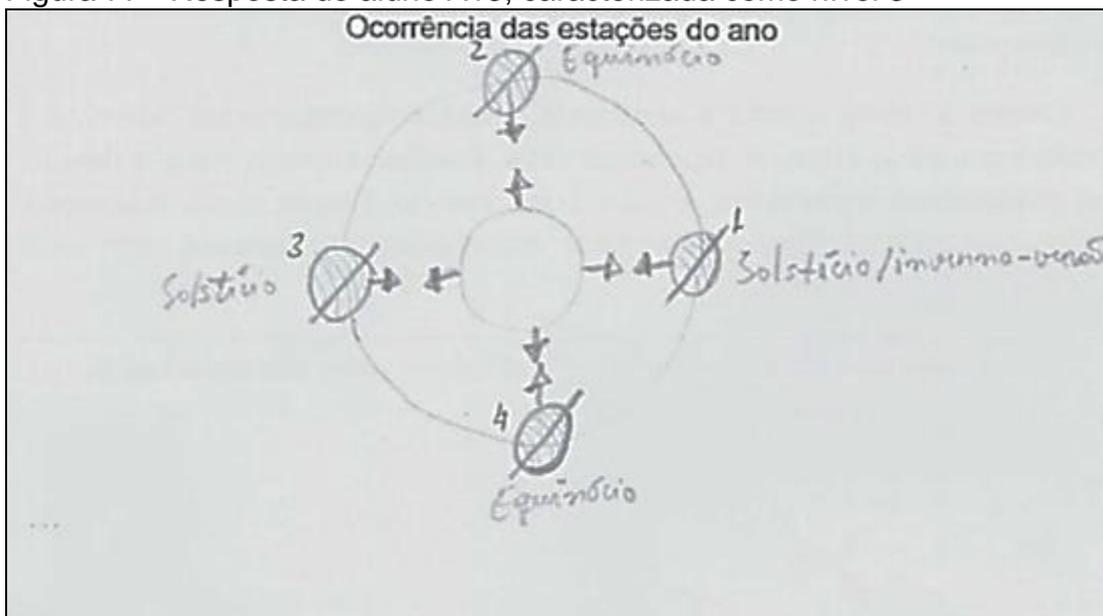
Gráfico 9 - Desempenho dos alunos na primeira questão do pós-teste



Fonte: Do autor, 2015.

A segunda questão, inspirada em Gonzatti (2008) e Nascimento, Neide e Borragini (2014), solicitava que fosse feito um desenho que explicasse a ocorrência das estações do ano e, se necessário, ele poderia ser complementado com explicações escritas. Como resposta cientificamente coerente (nível 3), poderia ser feito um desenho que explicitasse a Terra com seu eixo imaginário inclinado, orbitando ao redor do Sol, por meio de uma trajetória elíptica de excentricidade baixa, sendo o desenho semelhante a uma circunferência. O movimento de rotação e a força gravitacional mútua entre Terra e Sol, também poderiam ser representados no desenho. Como possibilidade do nível 3 de categorização, considerei também o desenho que representasse a Terra e o seu eixo imaginário inclinado. Dos trinta alunos participantes que responderam a questão, vinte e cinco (83,33%) apresentaram desenhos e argumentações, conforme o nível 3 (Figura 77).

Figura 77 - Resposta do aluno A13, caracterizada como nível 3



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Conforme Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008) para se explicar o fenômeno das estações do ano é necessária a concepção de Terra como um corpo cósmico, pois, há uma combinação de fatores que ocorrem durante o movimento de revolução da Terra ao redor do Sol. A periodicidade do fenômeno, segundo os autores, é devida a inclinação do eixo imaginário da Terra ($23,5^\circ$) em relação ao plano da órbita elíptica. O aluno **A3** representou em seu desenho (Figura 77), durante o movimento de revolução da Terra a sua interação gravitacional com o Sol. Representou também as quatro posições referentes aos solstícios e equinócios o que de acordo com Selles e Ferreira (2004) são requisitos constituintes de um modelo coerentemente científico para as estações. É válido ressaltar que na resposta do aluno A3, assim como na dos demais alunos condizentes com o nível 3, não apresentaram em seus desenhos, uma trajetória elítica exagerada, o que poderia resultar como causa equivocada das estações as diferentes distâncias da Terra ao Sol, o modelo das distâncias (MOREIRA, 2003; GONZATTI, 2008; LANGHI, 2011).

A seguir apresento as respostas expositivas dos alunos **A13** e **A18** conforme nível 3 de categorização:

A13: *A inclinação do eixo imaginário da Terra é a causa das estações do ano, nos hemisférios de zona temperada norte/sul existem as quatro estações bem definidas. No desenho 1 o inverno inicia no hemisfério norte e verão no hemisfério sul, no desenho 2 inicia o outono, no desenho 3 verão no norte e inverno no sul no desenho 4 inicia a primavera.*

A18: *A periodicidade das estações explica-se a partir da inclinação do eixo da terra em relação ao Sol e da posição em que o planeta encontra-se em sua órbita.*

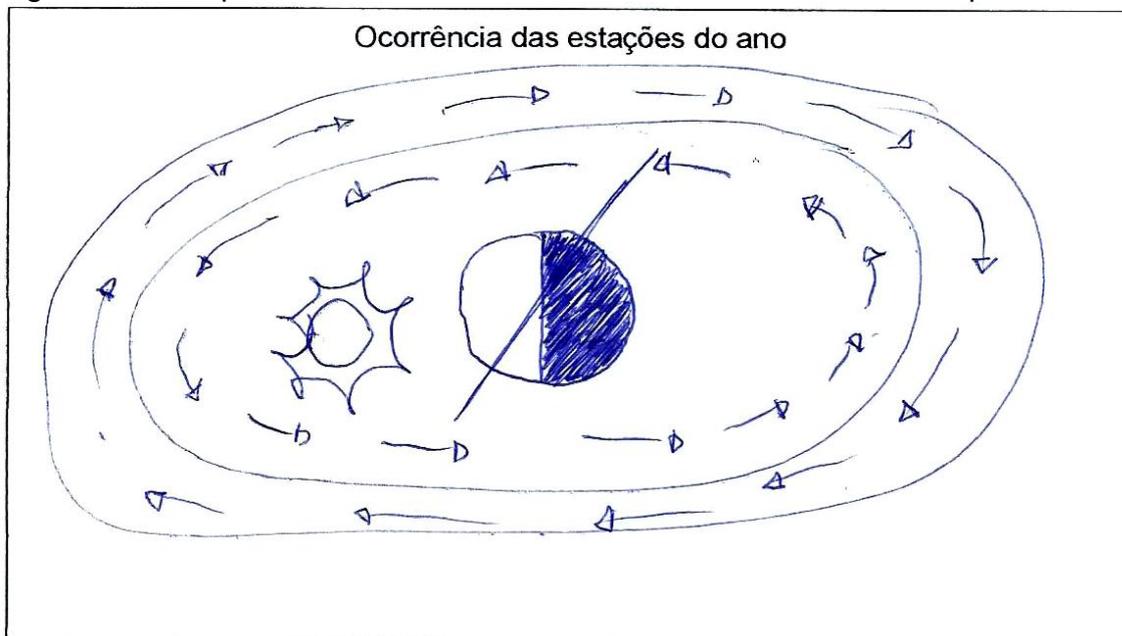
A partir dessas respostas, é possível fazer algumas considerações. Mesmo que, anteriormente, o aluno **A13** tenha apresentado dificuldades nas explicações dos equinócios em relação à caracterização das estações conforme o hemisfério terrestre, este fato não esconde a presença de concepções coerentes e muito próximas de um atual modelo científico. Quanto ao aluno **A18**, ele explica a causa do fenômeno das estações (a inclinação do eixo imaginário) em associação ao movimento de revolução, ou seja, os solstícios e os equinócios constituem-se dependentes da posição da Terra, durante o seu movimento orbital ao redor do Sol. Esta resposta do discente está em conformidade com Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008) e também pode ser categorizada como nível 3, seguindo o modelo de categorias que adotamos para o pré-teste.

O desenho elaborado pelo aluno **A26** (Figura 78) apresentou características coerentes com o nível 2 de categorização, assim como sua resposta expositiva: "*Inicia o verão no hemisfério sul, no norte está começando o inverno*". O desenho apresentou a Terra com o seu eixo imaginário inclinado, uma separação entre regiões que corresponderiam ao período do dia (claridade) e noite (escuridão) no planeta, o Sol e duas possibilidades de sentido de movimento (não determinando a qual corpo celeste da figura pertencem os movimentos). Mesmo o discente apresentando intuitivamente em sua resposta características como a forma da Terra, revolução, e o fenômeno dos dias e das noites (concepções necessárias para o entendimento das estações), mas ainda não apresentam-se alicerçada em um modelo coerente cientificamente. Conforme Selles e Ferreira (2004) e Lima (2006) este padrão

de respostas possivelmente indica um modelo conceitual do fenômeno das estações, que ainda se encontra disposto em diversos materiais instrucionais: a Terra possui uma exagerada trajetória elíptica ao redor do Sol.

No pré-teste semiestruturado, o aluno **A26** apresentou respostas para a trajetória da Terra ao redor do Sol e em relação as estações do ano, com características do nível 1 de categorização. Agora, apresentou respostas caracterizadas como nível 2, indicando uma possível transição conceitual em sua estrutura cognitiva.

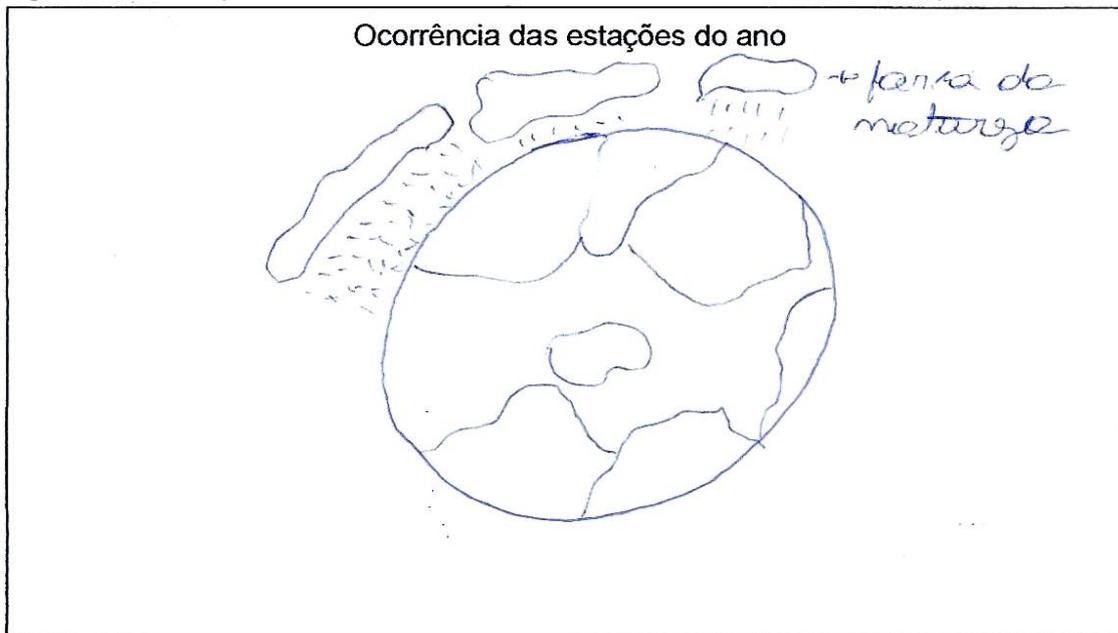
Figura 78 - Resposta do aluno A26, caracterizada como Nível 2, no pós-teste



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

No pré-teste semiestruturado, semelhante ao aluno **A26**, o aluno **A9** apresentou respostas características com o nível 1, permanecendo neste nível para esta questão (Figura 79).

Figura 79 - Resposta do aluno A9 caracterizada como nível 1, no pós-teste

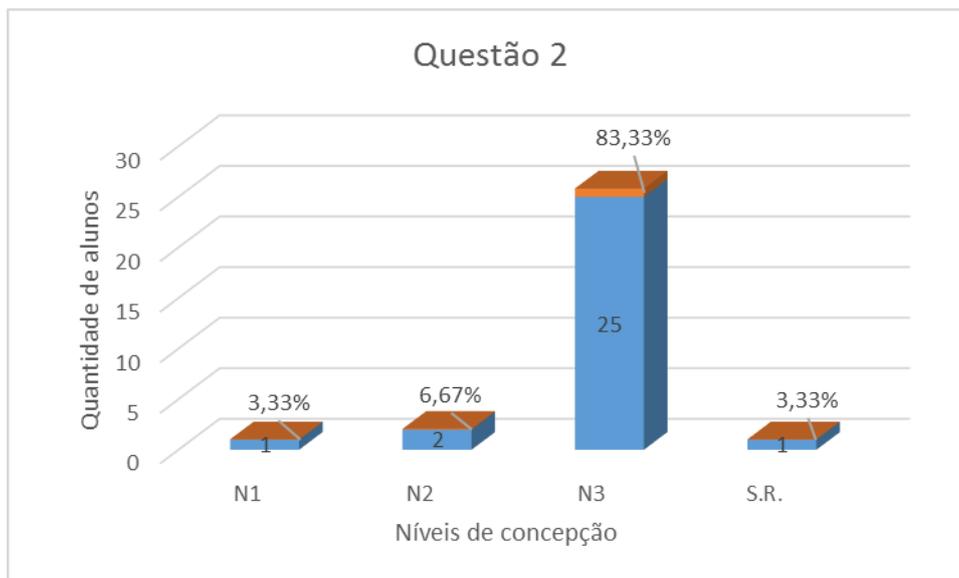


Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A resposta expositiva do aluno **A9** desenvolveu-se em torno de uma explicação que envolve o ciclo da água na Terra para caracterizar as estações do ano: *“A terra faz as seguintes alterações: A água que está na terra, volta ao clima através da organização que ocorre constantemente, essa água passa por uma processo de acúmulo de água na superfície da Terra após esse procedimento o acúmulo de água, ai essa água volta para a terra em forma de chuva considerando que as estações do ano que são divididas por etapa inverno, verão e primavera e outono”*.

Mesmo com uma resposta ingênua cientificamente para esta questão e caracterizada como nível 1, ao observar o desenho realizado pelo aluno, constatei que o caráter esférico da Terra, a força da gravidade e o campo gravitacional estão presentes (Terra desenhada de forma esférica, com nuvens ao redor e a chuva caindo em direção ao planeta). Estes conceitos são necessários para a compreensão do fenômeno das estações do ano, remetendo-me ao pensamento que, possivelmente o aluno, cognitivamente, apresentou alguma transição conceitual, mas, ainda não conseguindo estabelecer explicações científicas referentes aos fenômenos astronômicos (LANGHI, 2011). A seguir, o Gráfico 10 retrata as respostas dos alunos conforme os níveis de categorizações para a segunda questão.

Gráfico 10 - Desempenho dos alunos em relação a segunda questão do pós-teste



Fonte: Do autor, 2015.

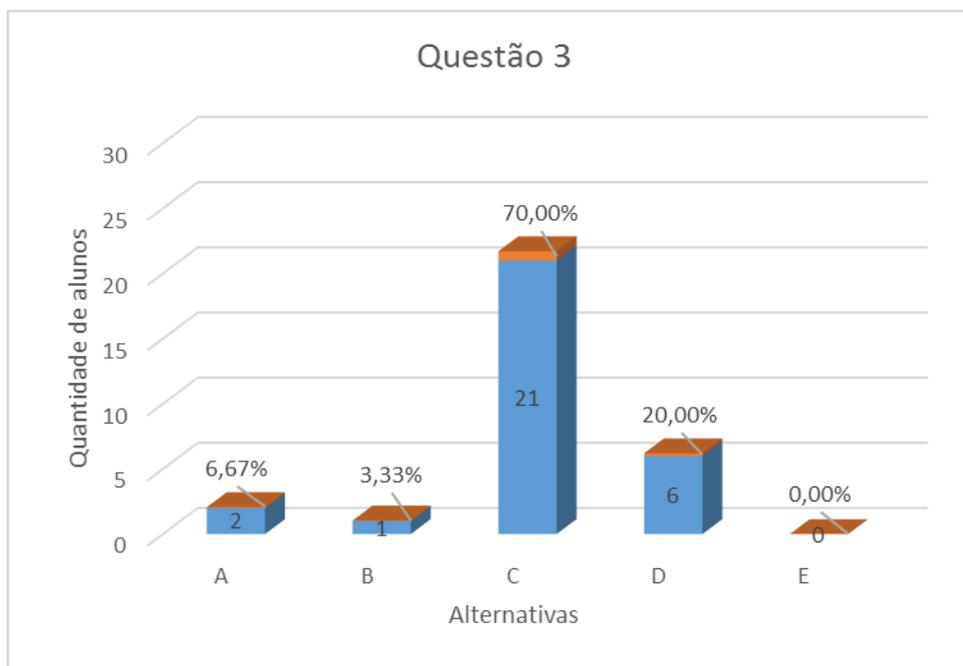
A terceira questão, adaptada de Nascimento, Neide e Borragini (2014), apresentou inicialmente um texto alicerçado em informações contidas no artigo de Selles e Ferreira (2004) sobre a forma de ensino das estações do ano, em função de materiais instrucionais elaborados que não condizem com a realidade brasileira. A intenção foi de provocar os alunos a analisarem as características das estações, comumente explicados no Brasil. Para Selles e Ferreira (2004) muitas vezes esse ensino ocorre de acordo com o modelo científico utilizado em países europeus, em que o verão é caracterizado como sendo a estação que tem as mais altas temperaturas e o inverno é representado por temperaturas baixas (com a presença de neve). A primavera é a estação das flores e o outono corresponde ao período das frutas (Ibidem).

Como resposta coerente cientificamente desta questão objetiva e expositiva, os alunos deveriam optar pela alternativa que destacasse do texto, o possível motivo de equívocos conceituais relacionados as estações do ano: O modelo de estações ainda presente em diversos materiais instrucionais são heranças da colonização europeia, que possuem as estações bem definidas. Dos trinta alunos participantes da pesquisa, vinte e um (70%) acertaram a questão (Gráfico 11), cuja alternativa correta era letra C.

Ao se comparar o desempenho entre o pré-teste semiestruturado e o pós-teste, percebe-se que: vinte e quatro alunos apresentavam respostas em

relação a caracterização das estações do ano, como nível 2 (nível intermediário). Destes, vinte e um alunos desenvolveram suas argumentações no pós-teste (Gráfico 11), com características do nível 3.

Gráfico 11 - Desempenho dos alunos em relação a terceira questão do pós-teste



Fonte: Do autor, 2005.

As argumentações que podem indicar a transição de um nível intermediário de concepções para outro alicerçado cientificamente ou muito próximo dele (nível 3), foi verificada no caso do aluno **A3**. Este aluno apresentou na sexta questão do pré-teste semiestruturado a afirmativa de que existiam quatro estações do ano bem definidas no Brasil, sendo a exceção o inverno. Para ele o inverno correspondia a um clima de chuva e não de frio. Quando solicitada a explicação para a diferença de temperatura no mês de julho, entre Porto Alegre/RS e Belém/PA, não foi respondida. No pós-teste o aluno **A3** explicou a alternativa da seguinte maneira: “*Pois no Brasil não existe clima definidos e sim microclimas*”, o que denota a transição de níveis de compreensão da temática explorada.

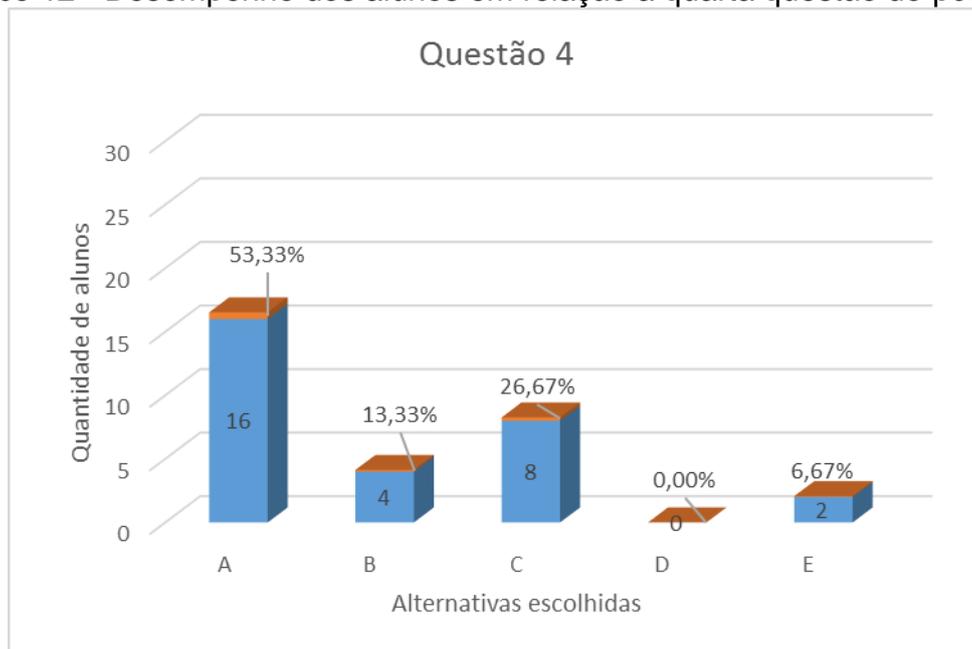
Os argumentos dos vinte e três alunos que apresentaram respostas coerentes com o nível 3, seguem o padrão observado com o aluno **A3**. O discente **A10** apresentou como resposta explicativa a seguinte argumentação: “*O Brasil, por estar localizado em uma região fora das zonas temperadas, não*

*existe as quatro estações bem definidas, diferentemente da Europa que se encontra nas zonas temperadas do hemisfério norte e lá as quatro estações são bem definidas. Com a colonização europeia no Brasil foi ensinado errado por muitos anos as estações do ano, baseando-se na cultura europeia". Já para o aluno **A13**: "No hemisfério de zona temperada NORTE/SUL existem as quatro estações do ano bem definidas já na linha do equador onde não existe a zona temperada, no Brasil cada região tem sua própria característica".*

As explicações dos alunos **A3**, **A10** e **A13** estão coerentes com as abordagens desenvolvidas por Selles e Ferreira (2004) e Lima (2006), pois os autores sugerem que a aprendizagem da caracterização das estações do ano ocorra pelas regiões brasileiras e indicam a possibilidade e necessidade de uso e definição do termo microclima, ao invés de estações do ano, para o território brasileiro (como foi a resposta do aluno **A3**). Os autores indicam também que ocorrem mudanças de paisagem (quatro estações do ano bem definidas) em regiões onde há clima temperado, diferentemente do Brasil que possui climas equatorial, tropical e subtropical, explicações desenvolvidas de forma coerente pelos alunos **A10** e **A13**.

A quarta questão (múltipla escolha), adaptada de Uhr (2007) e Nascimento, Neide e Borragini (2014), abordou o clima local de Belém/PA por conta da proximidade com a região Equatorial. Cabia aos alunos optarem pela alternativa que descrevesse o fato de não ser adequado afirmar a existência das quatro estações do ano para a capital do Pará. Dos trinta alunos participantes da pesquisa, dezesseis (53,33%) optaram pela alternativa coerente cientificamente (alternativa A). Esta questão pode ter apresentado dificuldade para os alunos, pois requeria uma análise na observância referente a posição do Sol no céu ao longo do ano, com o tempo de dia (claridade) e noite (escuridão) associadas às informações de solstícios e equinócios. O Gráfico 12 retrata o desempenho dos discentes. Percebi pelas quantidades de vezes que fui chamado para tirar dúvidas, a possível dificuldade também na leitura, entendimento e abstração das opções disponíveis para escolha dos discentes.

Gráfico 12 - Desempenho dos alunos em relação a quarta questão do pós-teste



Fonte: Do autor, 2015.

A quinta questão, adaptada de Uhr (2007), solicitou dos alunos o preenchimento de uma tabela com informações sobre as quatro estações do ano, sendo necessário responder para cada estação: o Hemisfério da Terra de ocorrência, sua data de início, a duração do dia (tempo de claridade), a duração da noite (tempo de escuridão) e a data astronômica (solstício ou equinócio). Dos trinta alunos participantes da pesquisa, vinte e oito (93,33%) responderam de forma coerente cientificamente, um aluno respondeu parcialmente (**A9**) e um aluno não respondeu (**A25**) (Figura 80).

Figura 80 - Respostas dos alunos A2, A12 e A9

Estações	Hemisfério	Data de Início	Duração do dia em relação à noite	Data astronômica
VERÃO	sul	21 a 23 de dez.	dia > noite	solstício
	norte	22 de junho	dia > noite	solstício
OUTONO	sul	21 a 23 de set.	dia = noite	equinócio
	norte	23 de setem.	dia = noite	equinócio
INVERNO	sul	22 de junho	dia < noite	solstício
	norte	23 de dez.	dia < noite	solstício
PRIMAVERA	sul	21 de set.	dia = noite	equinócio
	norte	22 de março	dia = noite	equinócio

Estações	Hemisfério	Data de Início	Duração do dia em relação à noite	Data astronômica
VERÃO	Sul	22 dez	dia > noite	solstício
OUTONO	Sul	21 março	dia = noite	equinócio
INVERNO	Sul	22 junho	dia < noite	solstício
PRIMAVERA	Sul	21 setembro	dia = noite	equinócio

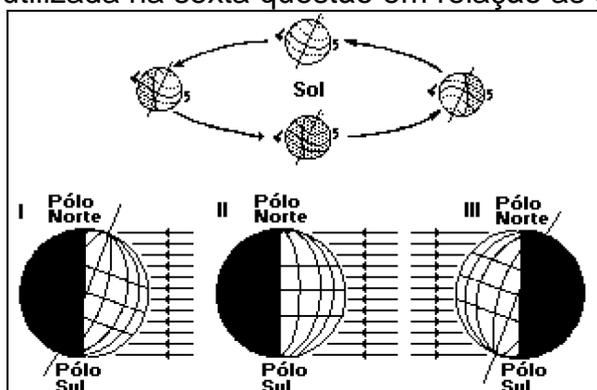
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Nesta quinta questão, diferentemente das demais do pós-teste, que os alunos deveriam realizar uma análise para responderem ao enunciado, verifiquei que não encontraram problemas para sua resolução. Conforme Moreira (1999) é possível que este contexto apresentado nesta quinta questão esteja mais presente ao longo da vida estudantil deles, cujas respostas sejam aquelas apresentadas de formas típicas (tradicionais), como datas, hemisférios, etc. Os indícios de aprendizagem significativa para Ausubel (2003) podem ser verificados quando o aprendiz consegue aplicar o material de aprendizagem em novas situações, em diferentes contextos. Contudo, por melhores que tenham se apresentado os resultados nesta questão, durante as aulas ou em outras avaliações realizadas nesta pesquisa, percebi a dificuldade de dissertarem sobre as características dos equinócios. Em certos contextos, êxito, em outros, pouco rendimento.

De acordo com Moreira apud Darroz e Santos (2013, p. 109) o bom desempenho apresentado pode estar relacionado ao fato que: “Uma longa experiência em fazer exames faz com que os estudantes se habituem a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e memórias de resoluções de problemas ditos típicos”. É possível que este fato possa ter ocorrido com a questão cinco.

A sexta questão, adaptada do processo seletivo ao nível superior da Fuvest, inicialmente apresentou informações sobre o fenômeno da insolação e mostrou quatro figuras, em que três delas irei denominar aqui, para fins didáticos, de Figura I, Figura II e Figura III, pois representavam as estações inverno, primavera e verão, respectivamente (Figura 81).

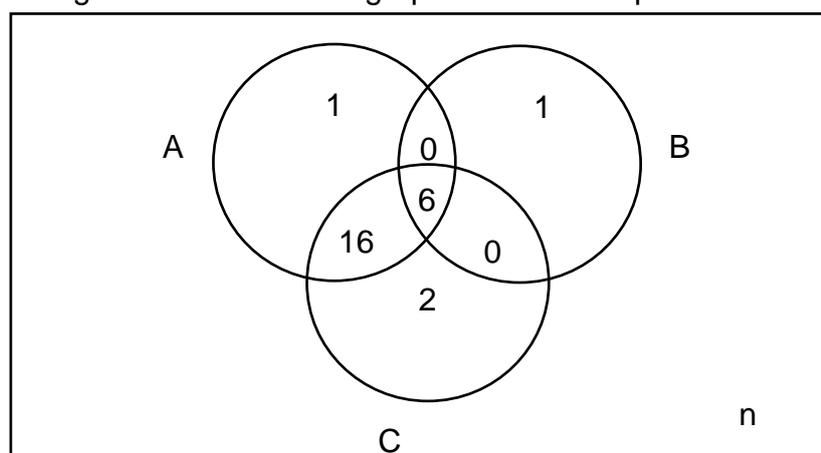
Figura 81 - Figura utilizada na sexta questão em relação as estações do ano



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na primeira parte da questão, os alunos deveriam identificar essas estações do ano no Hemisfério Sul do planeta. Na segunda parte, deveriam explicar as variações do período de iluminação de Belém/PA e São Paulo/SP, relacionando-as com o horário de verão. Pelas respostas apresentadas dos alunos, julguei pertinente nesta questão qualificá-las de forma individual e agrupada, em um diagrama de *Venn* (Figura 82). Considerei esta questão como a de nível mais elevado do pós-teste.

Figura 82 - Diagrama de *Venn* do agrupamento de respostas dos alunos



Fonte: Do autor, 2015.

Conforme a Figura 82, obtém-se que:

A → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura I (Inverno) = 1;

B → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura II (Primavera) = 1;

C → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura III (Verão) = 2;

$A \cap B$ → Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras I e Figura II = 0

$A \cap C$ → Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras I e Figura III = 16

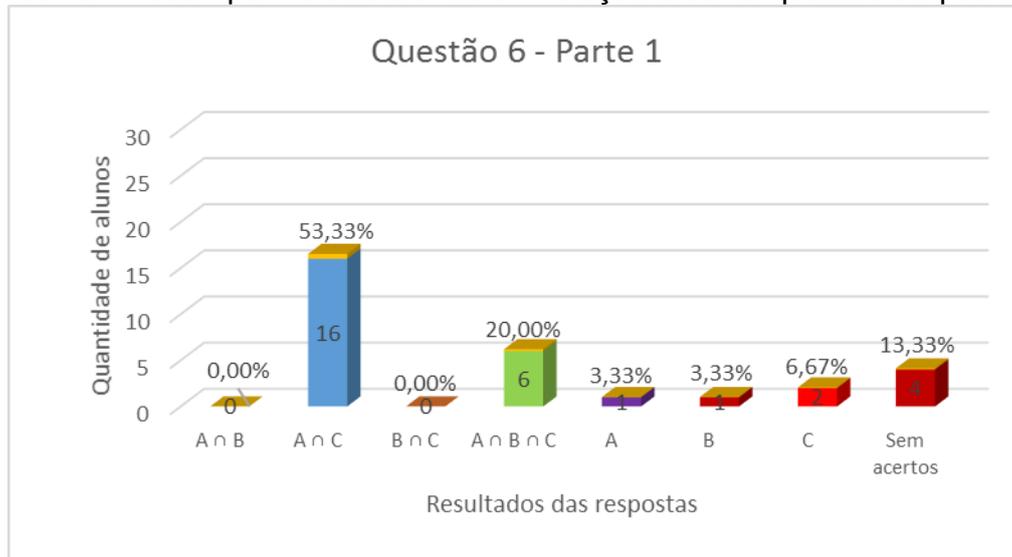
$B \cap C$ → Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras II e Figura III = 0

$A \cap B \cap C$ → Alunos que acertaram as três estações = 6;

$n \rightarrow$ Alunos que não acertaram nenhuma das estações = 4.

O diagrama anterior gerou o Gráfico 13, no qual, apresenta-se a quantidade de alunos e os percentuais dos acertos na sexta questão.

Gráfico 13 - Desempenho dos alunos em relação a sexta questão do pós-teste



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

De acordo com as informações acima construídas dos argumentos escritos pelos alunos na primeira parte da sexta questão, seis alunos (20%) responderam de forma coerente cientificamente a primeira parte da questão, conseguindo analisar, observar e relacionar a insolação com os hemisférios da Terra nas três posições representadas. A maioria dos alunos, dezesseis (53,33%), respondeu de forma correta as estações representadas na Figura 82, correspondentes ao inverno e verão. Quantificando os acertos individuais para cada estação do ano representada na figura, cada uma obteve um acerto. Quatro alunos, **A2**, **A11**, **A14** e **A29**, não responderam a questão.

Para Selles e Ferreira (2004), Lima (2006) e Gonzatti (2008) na região norte do Brasil, são perceptíveis apenas as estações de seca (período do ano que não chove ou chove pouco) e chuvosa (período do ano de ocorrência intensas de chuvas). De acordo com os autores essas estações são as denominadas de verão e inverno nessa região e, este fato possivelmente foi refletido nas respostas dos discentes. A maioria dos discentes, dezesseis (53,33%), apresentaram suas respostas coerentes cientificamente para as estações verão e inverno e, mesmo a questão referindo-se a um Hemisfério

(Sul) e não apenas a uma região específica do planeta (Norte do Brasil), a percepção e afinidade deles para essas estações se destacaram. Esta questão também indica a dificuldade que percebi que apresentaram em relação ao estudo dos solstícios e às estações primavera e outono. A segunda fase da questão seis do pós-teste, solicitava que os alunos explicassem as variações do período de iluminação para as cidades de São Paulo/SP e Belém/PA, relacionando-as com o horário de verão. É válido destacar que São Paulo dispõe de maior latitude que Belém.

Em 2014, o horário de verão iniciou na madrugada de dezoito para dezenove de outubro, finalizando em 2015, de quinze para dezesseis de fevereiro²⁰. Mesmo que o nome seja horário de verão, este período em que se evita uma possível sobrecarga no sistema de fornecimento de energia elétrica do país nos horários de pico e, também possibilita a economia de energia ao Estado Brasileiro, é iniciado logo após o equinócio de setembro. Então, para o Hemisfério Sul do planeta Terra, corresponde a estação da primavera e não ao verão.

Novamente, conforme os três níveis de categorização inspirados em Nussbaum e Novak (1976), Nussbaum (1979), Nardi e Carvalho (1996) e Gonzatti (2008), uma resposta adequada cientificamente (nível 3), corresponde a seguinte explicação: São Paulo possui maior latitude comparada a Belém, apresentando uma desigualdade entre a duração dos dias e noites, diferentemente da capital paraense. Belém se encontra próxima a região equatorial, em que não há mudanças consideráveis entre as durações dos dias e noites. Estes fatos justificam a adoção do horário de verão durante o período que equivaleria a primavera (outubro) até próximo do fim do período que corresponderia ao verão (fevereiro). A seguir apresento algumas respostas dos discentes conforme as características dos três níveis de categorização:

A4: *Em São Paulo com relação ao horário de verão eles têm 1 hora a menos para sair do trabalho e mais tempo de claridade com isso aproveitam, já em belém são basicamente a mesma quantidade de horas só mudando em duas épocas do ano.*

²⁰ Informação disponível em: <http://www.horariodebrasil.org/verao/>. Acesso em 12 de Dez. 2014.

A6: *Em relação a Belém as estações não são bem definidas e as variações de iluminação. Já São Paulo 'os horários tem'. Pois quando está no inverno a noite é mais prolongada e o verão é mais tempo de claridade.*

A25: *Horário de verão, nada a ver com Belém.*

As respostas dos discentes caracterizadas como nível 1 (acima), apresentaram argumentações ingênuas cientificamente, sem alicerce em um atual modelo de ciência para a explicação do horário de verão. Na resposta do aluno **A4**, por exemplo, ele até cita a similaridade entre a duração dos dias e noites em Belém, mas, sem nenhuma informação mais relevante cientificamente. As argumentações dos alunos **A3**, **A19** e **A30** apresentaram algumas características de alicerce científico, sendo categorizadas como nível 2, com as seguintes respostas:

A3: *Os trópicos de câncer e de capricórnio onde o sol incide diretamente nos dias de solstícios e delimitam as regiões onde o sol incide diretamente. Na cidade de São Paulo nos solstícios [de verão] os dias são mais longos em Belém isso não acontece.*

A19: *O horário de verão serve apenas para uma economia de energia.*

A30: *O horário de verão não tem nada a ver com as mudanças de estação, tem a ver com a diminuição de energia nas cidades citadas no texto acima.*

Conforme Uhr (2007) e Gonzatti (2008), entre os trópicos de Câncer e Capricórnio observam-se latitudes em que os raios solares incidem diretamente nas datas dos solstícios, região onde se encontra São Paulo. A resposta do aluno **A3** está de acordo com as autoras, mas ele cita os solstícios com características iguais ao do solstício de verão, quando se refere a um dia com longa duração. Também cita de forma coerente que em Belém não há variações expressivas na duração entre os dias e noites, mas não consegue explicar o horário de verão, em função desta desigualdade luminosa no Sudeste. Os alunos **A19** e **A30** apresentam argumentações simples, mas não de forma ingênuo cientificamente como as caracterizadas para o nível 1.

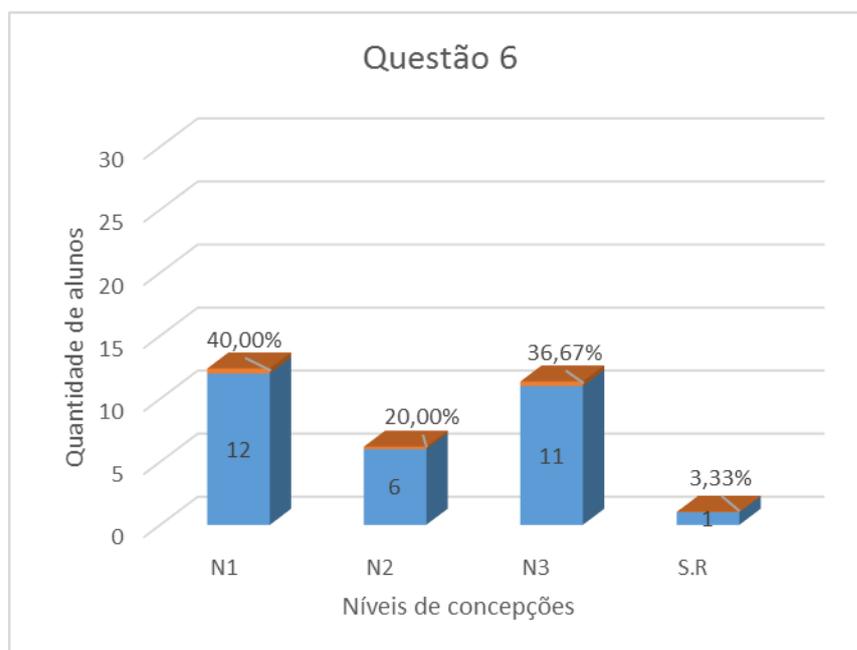
Em relação ao nível 3, onze alunos (36,67%) apresentaram argumentações alicerçadas em um atual modelo científico ou com respostas próximas desse modelo, apresentando um padrão verificado nas respostas dos alunos **A11** e **A10**:

A11: *Os dias no sul e sudeste tem mais duração da claridade e menos tempo de duração da noite e o governo criou o horário de verão para que a população do sul e sudeste usassem menos energia elétrica porém esse horário de verão não se aplica ao Pará ou a Belém.*

A10: *Em Belém, devido estar mais perto a linha do equador recebe a mesma quantidade de luz o ano inteiro as noites e o dia tem a mesma durabilidade, já em SP por estar mais ao sul no período que antecede o verão entre o equinócio de setembro os dias são mais longos que a noite pois clareia mais cedo e escurece mais tarde.*

Na resposta do aluno **A11**, ocorreu a afirmativa que a duração do dia é maior do que a da noite para o período que ocorre a aplicação do horário de verão. O discente justificou na sequência a ocorrência do horário de verão em função da desigualdade luminosa em São Paulo, havendo redução no consumo de energia elétrica. A afirmativa do aluno **A11** está em conformidade com Uhr (2007), pois essa diferença no período de iluminação que ocorre em regiões de latitudes afastadas da região equatorial, não é perceptível para localizações próximas a ela (é o que ocorre com Belém). Para Lima (2006) e Gonzatti (2008) praticamente há doze horas de duração para a duração do dia e da noite nessas regiões próximas à equatorial. Tais argumentações também estão presentes nas respostas dos alunos **A10** e **A13**, apresentando-se coerentes cientificamente. O Gráfico 14 retrata o percentual dos alunos em relação aos níveis de concepções utilizados na categorização.

Gráfico 14 - Desempenho dos alunos em relação a segunda parte da sexta questão



Fonte: Do autor, 2015.

Apesar do nível de dificuldade apresentado aos alunos nesta última questão, percebe-se um equilíbrio entre as respostas dos discentes. Doze alunos (40%) apresentaram seus argumentos categorizados como nível 1 e seis alunos (20,00%) como nível 2. Onze alunos (36,67%) apresentaram respostas características com o nível 3. Um único aluno não respondeu, o **A5**. Perguntei a ele o motivo de não ter respondido esta fase da questão, ele disse: “*Professor, a questão tá difícil, tô cansado*”. A apresentação do equilíbrio nas respostas dos alunos para os níveis 1 e 3 (cuja diferença é de um aluno), pode ser atribuída, possivelmente, ao grau de dificuldade que a questão possa ter apresentado: a necessidade de análise, abstração e o fato de ser a última questão, não pode ser desconsiderado também.

Outro fato é que, a maioria dos alunos no pré-teste semiestruturado, apresentou respostas típicas do nível 1. Contudo, alguns indícios verificados durante o desenvolvimento das aulas com simulação e modelagem computacional, fizeram-me perceber que houve uma transição conceitual nas respostas deles, de forma representativa em relação aos conteúdos físicos abordados, ainda que em diferentes níveis de categorização (nível 2 e nível 3). Alguns exemplos destes indícios, verifiquei na ocorrência da diferenciação

progressiva do subsunçor inicial força, para força gravitacional, que ocorreu na aula de gravitação universal. Consequentemente a este fato, foram capazes também de utilizar este subsunçor diferenciado (força gravitacional), em várias situações distintas, possivelmente indicando a ocorrência da reconciliação integradora. Este fenômeno de reconciliação também foi percebido quando confrontaram as ideias abordadas na aula de modelagem com o *Software Modellus*, sobre estações do ano, com as características climáticas de Belém/PA. A maioria dos discentes conseguiu perceber que o modelo de estações do ano que aprenderam ao longo da vida, não correspondia à realidade local.

Outro fato a ser considerado também, conforme Pereira (2011), é o tempo que os alunos estavam sem estudar, variável que torna mais complexo o processo de ensino e aprendizagem do público do PROEJA, pois concluíram o ensino fundamental e não iniciaram na sequência o ensino médio regular ou a educação profissional. Conforme Almeida (2009), este é um problema social e educacional enfrentado por professores que ministram as disciplinas que compõem a matriz curricular do PROEJA. Na sequência, farei as considerações finais sobre esta dissertação de mestrado referente ao ensino de estações do ano por meio de ferramentas tecnológicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seja na educação básica ou no ensino superior, os conteúdos físicos ainda são apresentados, muitas vezes, de forma tradicional, sendo meramente reproduzidos a partir de materiais instrucionais de forma pronta e acabada. A contextualização e aplicabilidade no mundo social que o aluno está imerso inexistem (TEODORO; NEVES, 2011). É comum iniciar um ano letivo, um semestre ou um curso, onde será desenvolvida uma proposta de ensino e aprendizagem de conteúdos físicos, sem que o professor tenha analisado e diagnosticado o arcabouço de conhecimentos prévios trazidos pelo aluno. Para Ausubel (2003), esse tipo de situação poderá causar dificuldades no processo de assimilação significativa dos novos conhecimentos apresentados aos discentes.

Quando o ensino de Física é para uma turma de EJA ou de PROEJA, como ocorreu na presente pesquisa, essas observações devem ser potencializadas. Para Almeida (2009), os alunos do PROEJA constituem um campo complexo e vasto em pesquisas a serem realizadas, pois a escola recebe um discente que está sem estudar há alguns anos para cursar o ensino médio integrado à educação profissional, por um período médio de três anos e meio, contando com o estágio curricular obrigatório.

Neste contexto, em minha prática profissional com o PROEJA percebi a dificuldade existente no estudo de fenômenos astronômicos pertencentes ao cotidiano deles, principalmente o das estações do ano. É válido destacar também que, além das dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem referentes ao tema, para muitos alunos inexistia a ideia de que fenômenos naturais pudessem ocorrer de forma ordenada e também serem representados por meio de sistemas de referências. Este fato me fez perceber, que conceitos prévios potencialmente significativos e necessários para o estudo das estações, não haviam sido construídos de forma adequada. Esses conceitos deveriam estar presentes na estrutura cognitiva do aluno ao ingressar no ensino médio técnico integrado à educação profissional, mas não foi o que essa pesquisa revelou. Tais conceitos, como o de Terra como um corpo cósmico, por exemplo, precisaram ser construídos nesse contexto, o que

me fez refletir que em muitas situações, cabe ao nível médio realizar as atribuições também do ensino fundamental.

Para auxiliar os processos de ensino e de aprendizagem da temática de Terra como um corpo cósmico e estações do ano, com a possibilidade de superação das dificuldades anteriormente descritas, propus na presente pesquisa a utilização de ferramentas tecnológicas como a modelagem e simulação computacional. Para Araujo (2002, 2005) essas ferramentas vêm sendo utilizadas por meio de propostas didáticas envolvendo o uso de computadores, em que *softwares* cada vez mais elaborados vêm sendo criados na tentativa de facilitar a construção do conhecimento por parte do estudante, como o *Software Modellus* e objetos de aprendizagens, ambos utilizados nesta dissertação.

Assim, desenvolvi esta pesquisa, por meio de uma intervenção pedagógica, possibilitando ao aluno durante as aulas, a experimentação científica com a utilização dessas ferramentas tecnológicas. Somando a isso, a produção e utilização de materiais didáticos para manuseio deles, foram fundamentais para a percepção da transição conceitual dos conhecimentos relacionados ao fenômeno das estações do ano.

Somando a estes fatos, a minha busca por ser um profissional diferenciado e especializado, com a possibilidade de promover a inovação na educação e neste caso, na educação profissional, foram fatores que exigiram abandonar uma postura denominada de ensino tradicional para se pensar em alternativas pedagógicas de situações de ensino e de aprendizagem, levando em conta o contexto de vida dos alunos vinculados ao PROEJA. Para Moreira (2011) quando recursos tecnológicos são utilizados de forma adequada no ensino, podem auxiliar a ocorrência da aprendizagem significativa. Para o autor a facilitação da aprendizagem depende de uma nova postura do professor e de uma revisão na linearidade sequencial que os tópicos em um curso são ministrados. Assim conforme Ausubel (2003), durante toda a pesquisa procurei verificar os conhecimentos prévios dos alunos e ensiná-los de acordo.

Em relação as dificuldades encontradas durante a prática pedagógica realizada e descrita nesta dissertação, destaco inicialmente a minha angústica com a evasão de nove alunos por conta de situações relacionadas aos empregos deles. Almeida (2008) argumenta que este é um problema recorrente

na educação profissional, com os discentes do PROEJA, pois, a maioria já se encontra no mercado e trabalho. Em muitas situações eles optam pelo abandono do seu curso técnico, pelo motivo de horas extras no trabalho deles ou ascensão profissional (ibidem). Outra dificuldade verificada na pesquisa, refere-se ao fato do cancelamento de aulas, que tive que realizar por conta da baixa quantidade de alunos. Com isso, houve o agendamento destes encontros para os sábados, em que me responsabilizei por arcar com as despesas financeiras dos discentes (transporte e lanche). Consequentemente, houve a troca permanente das aulas da intervenção pedagógica para os sábados (turno vespertino), haja vista os alunos terem realizado esta escolha juntamente comigo, observando a manutenção das despesas por minha parte. Tal decisão foi tomada por conta da possibilidade da participação de todos, não havendo mais ausências durante as aulas da intervenção pedagógica.

Em relação aos objetivos propostos na presente dissertação, há considerações a realizar. No primeiro objetivo (Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Terra como um corpo cósmico e estações do ano, por meio de um pré-teste semiestruturado), os resultados obtidos, apontaram para o fato que alunos não os dispunham. Todos os discentes demonstraram conhecer o formato esférico da Terra, mas não conseguiam explicar como o campo gravitacional e conceitos de longitude e latitude interagem com esse formato, por exemplo. O conceito de Terra como um corpo cósmico (por meio de seus tópicos, conforme Figura 2), apresentou-se então, como novo para os alunos e fizeram-me refletir sobre o desenvolvimento da intervenção pedagógica que se encontrava em fase de planejamento.

Quanto ao segundo objetivo (Elaborar atividades para a utilização das ferramentas tecnológicas pelos alunos, para o estudo das temáticas de Terra como um corpo cósmico e estações do ano), desenvolvi quatro atividades que foram aplicadas durante as aulas, norteando o manuseio das ferramentas tecnológicas e, solicitando dos alunos resoluções dos tópicos estudados. Minha intenção foi de desenvolver um material que possibilitasse ao discente relacionar os tópicos de Terra como um corpo cósmico com conhecimentos específicos presentes em suas estruturas cognitivas. Assim, posso inferir que possivelmente, este objetivo foi atendido haja vista a potencialidade destes

materiais ser evidenciada e notada nas respostas e argumentações produzidas pelos discentes, expostas no capítulo quarto: análise dos dados.

Quanto ao terceiro objetivo (Desenvolver em sala de aula com os alunos, as atividades elaboradas para a utilização das ferramentas tecnológicas), foi alcançado. Por meio das respostas dos discentes posso inferir que a metodologia realizada por meio de ferramentas tecnológicas se constituiu em materiais potencialmente significativos para o ensino das estações do ano (fato percebido pelos resultados obtidos nas atividades realizadas). Percebi que a utilização do computador nas aulas de Física, suscitou nos discentes uma grande expectativa no desenvolvimento das atividades. Em muitas situações, enquanto eu ainda estava explicando o roteiro a ser utilizado, os discentes iniciavam a sua utilização espontaneamente, fato que não ocorria antes em aulas apenas expositivas. Apresentaram-se muito curiosos em relação às novas questões e às futuras atividades, se seriam utilizando os *softwares* ou não, se seriam no laboratório de informática ou não. Percebi também uma não individualização por parte dos alunos nas aulas, mas sim um grande estudo colaborativo entre eles, cabendo a mim a atuação como mediador nesse processo de ensino e aprendizagem.

O quarto objetivo (Verificar durante o desenvolvimento das atividades, até a realização do pós-teste, quais os indícios de aprendizagem significativa dos alunos em relação aos temas de Terra como um corpo cósmico e estações do ano), posso inferir que foi alcançado. Durante as aulas que ocorreram como organizadores prévios ou com as ferramentas tecnológicas, percebi pelas respostas, argumentações e desenhos feitos, a transição conceitual dos conhecimentos dos alunos (conforme exposto no capítulo quatro). Em várias situações da intervenção pedagógica foi evidenciada a ocorrência dos processos da reconciliação integradora e da diferenciação progressiva. No pós-teste, as respostas dos discentes diante de situações diferenciadas na temática de Terra como um corpo cósmico e das estações do ano, induzem a percepção desses indícios.

Por fim, tendo em vista os resultados apresentados nesta dissertação, proponho para futuros trabalhos a utilização da simulação e da modelagem computacional como ferramentas tecnológicas no ensino, não apenas para o de Física, mas para o ensino de Química, Biologia e Matemática. Tais

ferramentas estimulam a interação entre os estudantes e estudantes e professor, estimulando a autonomia, incentivando e desenvolvendo a capacidade de argumentação e associação entre conceitos. Ainda, por serem dinâmicos e interativos, aproximam o aluno de situações reais, auxiliando na motivação e interesse pela aprendizagem. Revelam-se, assim, como materiais potencialmente significativos, que podem contribuir para que o ensino de Física seja mais permeado de sentido e significados e que se aproxime das vivências e experiências dos estudantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, Claudia Rosa; NOHARA, Jouliana Jordan. **Monografia no curso de administração**: guia completo de conteúdo e forma. São Paulo: Atlas, 2004.

ALMEIDA, Adriana de. **Um estudo do e no processo de implantação no estado do Paraná do PROEJA**: problematizando as causas da evasão. 2008. Dissertação de mestrado em Educação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. Física: **Um Curso Universitário**. Vol. 1 - Mecânica. Editora Edgard Blücher, 1972.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de Caso em Pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liber Livro Editora, 2005.

ANDRÉ, M.E.D.A. **Etnografia da prática escolar**. 2a ed. São Paulo, Papyrus Editora, 1998.

ARAUJO, Ives Solano. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral**. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ARAUJO, Ives Solano. **Um Estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional *Modellus* na interpretação de gráficos em cinemática**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ARANTES, Alessandra R. et al. **Tecnologia educacional para o ensino de ciências**. In: II Congresso Internacional TIC e Educação. 2012. p. 1900-1908. Disponível em: < <http://ticeduca.ie.ul.pt/atas/pdf/82.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

ASIMOV, A. **O universo**. Tradução de Ricardo W. de Aguiar. Rio de Janeiro. Bloch Editores, 1974.

BARRABIN, M. J. Porqué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Ensenanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1995.

BETZ, M. E. M.; TEIXEIRA, R. M. R. **Material Instrucional Apresentando Conteúdos de Métodos Computacionais Para o Ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29 n. Especial 2: p.787-811, 2012.

BAR, V; ZINN, B; GOLDMUNTZ, R; SNEIDER, C. **Children's concepts about weight and free fall**, Science Education. V. 78, n.5, p.471-491, 1998.

BARBOSA, A. C. C.; CARVALHAES, C. G.; M. COSTA, V. T. **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, p. 249-254, 2006.

BAXTER, J. **Children's Understanding of Familiar Astronomical Events**. International Journal of Science Education, London, v. 11, n. 5, p. 502-513, 1989. Special issue.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos - PROEJA**. Formação Inicial e Continuada/Ensino Médio. Documento Base, 2007. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/proeja_fundamental_ok.pdf>. Acesso em: 04 out. 2013

BRASIL. Ministério da Educação. **PROEJA - Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos**. Educação Profissional Técnica de Nível Médio / Ensino Médio. Documento Base. MEC, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/proeja_fundamental_ok.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza Matemática e suas tecnologias no ensino médio – SEMTEC/MEC – 1999**. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 20 de julho 2013.

BLITZKOW, Denizar; MATOS, Ana Cristina Oliveira Cancoro de; GUIMARAES, G. N.; COSTA, Sônia Maria Alves. **O conceito atual dos referenciais usados em geodesia**. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 63, p. 485-498, 2011. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/413>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

BLOCK, S. C. **Excel para engenheiros e cientistas**. 5 ed. São Paulo: LTC Editora, 2004.

BLOCK, S. C. **Excel para engenheiros e cientistas**. 12 ed. São Paulo: LTC Editora, 2012.

CANALLE, João Batista Garcia. **Oficina de astronomia**. Rio de Janeiro: UERJ/Observatórios Virtuais, 2010. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2014.

CASEMIRO, Anderson Aparecido. **Queda dos corpos e Equações Diferenciais num primeiro curso de Cálculo**. Especialização em Matemática Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2011. 30f.

CHAMPAGNE, A. B.; KLOPFER, L. E.; ANDERSON, D. H. **Factors influencing the learning of classical mechanics**. American Journal of Physics. v. 48, n. 12, p. 1074- 1079, 1980.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia científica. São Paulo: Pearson, 2004.

DA SILVA, Claudionor Ribeiro. **Proposta de um modelo para cálculo direto da latitude em função das coordenadas cartesianas**. Ciência e Natura, v. 34, n. 2, p. 193-209, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/9349>>. Acesso em: 02 mai. 2015.

DE CARVALHO, Edilson Alves; DE ARAÚJO, Paulo César. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I: geografia** / Edilson Alves de Carvalho, Paulo César de Araújo. – Natal, RN: EDUFRN, c 2008. Disponível em: <http://ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A05_J_GR_260508.pdf>. Acesso em: Acesso em: 02 mai. 2015.

DIAS, Marco Adriano. **Utilização de fotografias estroboscópicas digitais para o estudo da queda dos corpos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2011. ix, 92f.

PIASSI, Luis Paulo; DIAS, Wilton S. **Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano**. Revista Bras. de Ens. de Fís., São Paulo, v. 29, n. 3, p. 325-329, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a03v29n3.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2014

EDWARDS, C. H.; PENNEY, David. **Cálculo com Geometria Analítica**. Vol. 2. LTC Editora, 1999.

ERICKSON, F. (1986). **Qualitative methods in research on teaching**. In Wittrock, M.C. (Ed.). Handbook of research on teaching. New York: Macmillan Publishing Co. p. 119-161. Traducción al español: Erickson, F. (1989) Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. In Wittrock, M.C. (Comp.). La investigación en la enseñanza, II. Barcelona, Paidós. p. 195-301.

ELIAS, Daniele Cristina Nardo. et al. **Tendências das Propostas de Utilização das Ferramentas Computacionais no Ensino de Física no Nível Médio e Superior**. Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em

Ciências, 7., Florianópolis. Anais. 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/94.pdf>>. Acesso em: 05 de nov. 2014.

FERREIRA, Flávia Polati; LEITE, Cristina. **O “planeta Terra” no ensino de Astronomia**: um olhar sobre as atividades dos cadernos de Ciências da Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VIII ENPEC), 2011.

FERNANDES, Jarina Rodrigues. **A integração das tecnologias da informação e comunicação ao currículo no PROEJA**. 2012, 328 f. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-graduação em Educação. São Paulo: PUC, 2012.

FILHO, Manoel Souza D’Agrella. **A forma e o campo de gravidade da Terra. Física da terra e do universo para licenciatura em geociências**, Usp, 2012. 28f. Disponível em <http://www.iag.usp.br/~agg_1400200/moddata/GEOFISICA/A%20FORMA%20DA%20TERRA.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015

FRAKNOI, A. An Introduction. In: FRAKNOI (ed.). **The universe at your fingertips**: an Astronomy activity and resource notebook. Estados Unidos da América. Project Astro. 1995. Cap. 1, p. 1-4.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. **Um Curso Introdutório à Astronomia para a Formação Inicial de Professores de Ensino Fundamental, em nível médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GONZATTI, Sônia Elisa Marchi; SARAIVA, Maria De Fátima O.; RICCI, Trieste Freire. Um curso introdutório à astronomia para a formação inicial de professores de ensino fundamental, em nível médio. Texto de Apoio. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física**. Companhia Editorial Continental, 1997.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 01. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. v. 01. 585p.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 2.a. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. v. 1. 760 p.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. Oliveira. **Astronomia & Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. v. 1. 780p.

LANGHI, R; NARDI, R. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n.1, p. 87-111, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055/12760>>. Acesso em: 07 abr. 2014.

LANGHI, Rodolfo. **Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional**. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p373/19323>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

LEITE, Maria Leticia Felicori Tonelli. **PROEJA: a experiência de um grupo virtual como forma de inserção digital**. 2012, 203f. Tese (Doutorado em informática na educação). Porto Alegre, UFRGS, 2012.

LEITHOLD, Louis. **O Cálculo com Geometria Analítica**. Vol. 1. São Paulo: Harbra, 3ª ed., 1994.

LIMA, Everaldo José Machado de. **A visão do professor de ciências sobre as estações do ano**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina. 119f. 2006.

MACÊDO, Josué Antunes de. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. Belo Horizonte: Puc Minas. 137p. Dissertação (Mestrado). Mestrado profissionalizante em ensino de ciências e matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

LEDLEY, Tamara Shapiro et al. **Making Earth science data accessible and usable in education**. Science, v. 333, n. 6051, p. 1838-1839, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino da Física, 24, n. 2, p. 77-86. Junho, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000200002&script=sci_arttext>. Acesso em: 06 set. 2014.

MELO, Marcos Gervânio. de A. **A física no ensino fundamental: Utilizando o jogo educativo “Viajando pelo Universo”**. Dissertação de Mestrado. UNIVATES. Lajeado: 2011.

LIMA, T.S.C.; MIOTO, R. C. T.; DAL PRÁ, K. R. **A documentação no cotidiano da intervenção dos assistentes sociais**: algumas considerações acerca do diário de campo. Revista Virtual Textos & Contextos, v. 7, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cebape/v8n3/a11v8n3.pdf>>. Acesso em 03 mai. 2015.

MERRIAM, S. **Case study research in education: A qualitative approach**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1998.

MOREIRA, Marco Antônio; ROSA, P. R. S. **Uma introdução à pesquisa quantitativa em Ensino**. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2007. Disponível em: <http://pesquisaemeducacaoufrgs.pbworks.com/w/file/etch/52798222/entrevista_e_questionario.pdf>. Acesso em 25 abr. 2015.

MOREIRA, M.A. UHR, A. P. **O Sistema Solar: Um programa de Astronomia para o ensino médio**. Textos de Apoio ao Professor de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre, v. 18, n. 6, 2007. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n4_Uhr.pdf>. Acesso em 01 out. 2013.

MOREIRA, M.A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisado em Ensino de Ciências**: A teoria da aprendizagem significativa. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

MOREIRA, Marco A.; ROSA, Paulo R. S. **Subsídios Metodológicos para o professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 06 de jul. 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. **O que é, afinal, aprendizagem significativa**. Material de apoio aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. UFMG, Cuiabá, MT, 2010. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física**. Revista Brasileira de Física, Vol. 9, N.º 1, 1979. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/bjp/download/v09/v09a19.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. I Encontro Regional de Aprendizagem Significativa I ERAS NORTE. UEPA, Belém, 2013. Disponível em: <http://paginas.uepa.br/erasnorte2013/images/sampled/figuras/aprend_%20signif_%20org_prev_mapas_conc_diagr_v_e_ueps.pdf>. Acesso em: 23 abr. de 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa**: A teoria de Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**: fórum permanente de professores. Brasília, Editora Unb, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2ª edição. São Paulo, Editora EPU, 2011.

MOURÃO, R. R. F. **Dicionário enciclopédico de astronomia e astronáutica**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995. 925 p

MONTEIRO, Luiz Henrique Alves. **Sistemas dinâmicos**. Editora Livraria da Física, 2006.

MUNEM, Mustafá A.; FOULIS, David J. Cálculo 1. v. 1. Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1983.

NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. **Um Estudo sobre a Evolução das Noções de Estudantes sobre Espaço, Forma e Força Gravitacional do Planeta Terra**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 132-144, ago. 1996. Disponível em: <<http://core.ac.uk/download/pdf/25767424.pdf>>. Disponível em: 14 set. 2013.

NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do. **A utilização da tecnologia aplicada ao ensino de física**: a modelagem computacional das estações do ano por meio do *Software Modellus*. Monografia de Especialização. UNAMA, Belém, 2014.

NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; JACOB JUNIOR, Antônio Fernando Lavareda; NEIDE, Italo Gabriel. **A utilização da tecnologia aplicada ao ensino de Física: a modelagem computacional das estações do ano por meio do software modellus**. III Workshop ciência, tecnologia e arte da amazônia universidade da amazônia – UNAMA, v. 1. p. 46-48, Belém, 2014. Disponível em: <http://www.unama.br/wcta/images/publicacoes2014/wcta2014_04_resumo.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2014.

NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; NEIDE, Italo Gabriel. **O ensino de Física por meio da modelagem computacional**: Um estudo em aulas de estações do ano usando o *Software Modellus*. Anais. IV Seminário institucional do Pibid. II simpósio nacional sobre docência na educação básica. I congresso internacional de ensino e aprendizagens. Editora Evangraf, 1ª edição, Porto Alegre, 2014. Disponível em <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/77/pdf_77.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2014.

NASCIMENTO, J. O. do; NEIDE, I. G; GONZATTI, S. E. M. **Modelagem e simulação computacional no ensino de Física**: Uma proposta de estudo de caso com o PROEJA. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015, Uberlândia/MG. Anais do XXI SNEF, 2015. v. 1. p. 1-8. Disponível em: <

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0527-2.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2015

NETO, Michel Paschini; TOMMASIELLO, Maria Guiomar Carneiro. **As provas dos movimentos da Terra no ensino de Astronomia**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1591-1.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

NEVES, M.C.D. **A Terra e sua posição no Universo**: formas, dimensões e modelos orbitais. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.22, n.4, p. 557-567, 2000.

NOVAIS, Pedro Anísio Ferreira; SIMIÃO, Lucélio Ferreira. **Modelagem computacional para o ensino de funções com o uso do Software Modellus**. Anais do encontro de iniciação científica-ENIC, v. 1, n. 2, 2010. Disponível em <<http://periodicos.uems.br/novo/index.php/enic/article/view/947/432>>. Acesso em: 03 de mar. de 2014.

NORO, M. M. C. **Gestão de processos pedagógicos no PROEJA**: razão de acesso e permanência. Dissertação (Mestrado em Educação) Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação , Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2011.

NUSSBAUM, J. **Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body**: a cross age study. *Science Education*, New York, v. 63, n. 1. p. 83-93, Jan. 1979.

NUSSBAUM, Joseph; NOVAK, Joseph D. **An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews**. *Science Education*, v. 60, n. 4, p. 535-550, 1976.

OLIVEIRA, D. C. **Representações dos alunos, professores e livros didáticos sobre as estações do ano**: um olhar crítico no ensino de Ciências Naturais nas séries iniciais. Monografia. Niterói: FE/UFF (1997).

OLIVEIRA, Margarida Cristina; NÁPOLES, Suzana. **Using a spreadsheet to study the oscillatory movement of a mass-spring system**. *Spreadsheets in Education (eJSiE)*, v. 3, n. 3, p. 2, 2010

PARKER. J.; HEYWOOD, D. **The Earth and Beyond: developing primary teacher's understanding of basic astronomical events**. *International Journal of Science Education*, London, v. 20, n. 5, p. 503-520, June 1998.

PARÁ. Secretaria de Estado de Educação. **O Ensino Médio Integrado no Pará como Política Pública**/(org). PORTO, A. M. N. S, ARAUJO, R. M. L, TEODORO, E. G. - Belém: SEDUC, 2009.

PANZERA, A. C.; THOMAZ, S. P. **Fundamentos de astronomia: uma abordagem prática para o ensino fundamental. Edição experimental.** Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG) e Faculdade de Educação (FaE), UFMG, 1995.

PEREIRA, Josué Vidal. **O PROEJA no Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia:** Um estudo sobre os fatores de acesso e permanência na escola. Dissertação de Mestrado. Unb. Brasília, 2011.

PENTEADO, M. G. **Novos Atores, Novo Cenário: Discutindo a inserção dos computadores na profissão docente.** In: BICUDO, M. A. V. (org.). Pesquisa em Educação Matemática: Concepções & Perspectivas. São Paulo: Editora da UNESP, p.297-313, 1999.

PESSOA JR., O. **A ciência grega.** Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/cienciagrega.htm>>. Acesso em 28 nov. de 2014

PORTO, Adriana Maria Nazaré de Souza. **O ensino médio integrado no Pará como política pública.** Dissertação de Mestrado. UFPA. Belém, 2011.

REHFELDT, Márcia Jussara Hepp. **Aplicação de modelos matemáticos em situações problemas empresarias com o uso do software lindo.** 2009. 299f. Tese (Doutorado em informática na educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROMANZINI, Beatriz. **EJA – Ensino de Jovens e Adultos e o Mercado de Trabalho. Qual Ensino? Qual Trabalho?** II Seminário de Estágio da Licenciatura em Ciências Sociais. Universidade Estadual de Londrina, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/projetos/lenpes/pages/arquivos/aBeatriz%20Artigo.pdf>>. Acesso em 30 jun. 2014.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. **Aprendizagem Significativa:** modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SANTOS, Liberato Silva dos. **Sob Medida:** uma proposta de produção de material didático de língua estrangeira (inglês) para aprendizes de um curso do ensino médio profissionalizante de jovens e adultos, na modalidade PROEJA. 2011. Dissertação de mestrado - Universidade de Brasília, Brasília: DF. 252f.

SANTOS, Antônio Vanderlei dos; SANTOS, Selan Rodrigues dos; FRAGA, Luciane Machado. **Sistema de Realidade Virtual para Simulação e visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24 n.2 São Paulo jun. 2002 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es>. Acesso em 18 jun. 2014

SELLES, S. E. e FERREIRA, M. S. **Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências.** *Ciência & Educação*, v.10, n.1, p.101- 110, 2004.

SNEIDER, C. I.; OHADI, M. M. **Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity.** *Science Education*, New York, v. 82, n. 2, p. 265-284, Apr. 1998.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, M.; YOUNG, Hugh D. **Física 1: Mecânica da partícula e dos corpos rígidos.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, v. 2, 1983.

SOUZA FILHO, M. P. et al. **A construção do conceito sobre a queda livre dos corpos por meio de atividades investigativas.** VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0374-1.pdf>>. Acesso em 05 mar. 2015.

SPINELLI, W. **Os objetos de aprendizagem: Ação, criação e conhecimento.** 2007. Disponível em: <<http://www.lapef.fe.usp.br/rived/textoscomplementares/texto1modulo5.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

TEODORO, Vítor Duarte; NEVES, Rui Gomes. **Mathematical modelling in science and mathematics education.** *Computer Physics Communications*, Volume 182. Páginas 8-10. 2011. Disponível em: <http://modellus.fct.unl.pt/file.php/1/Teodoro_Neves_2011_Mathematical_modelling_in_science_and_mathematics_education_Computer_Physics_Communications.pdf>. Acesso em: 03 mar de 2014.

TEODORO, V. D.; VIEIRA, J. P.; CLÉRIGO, F. C. **Modellus, interactive modelling with mathematics.** San Diego: Knowledge Revolution, 1997.

TEODORO, V. D. **From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics.** In: INTERNATIONAL CoLos CONFERENCE NEW NETWORK-BASED MEDIA IN EDUCATION. Maribor, Slovenia: 1998. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/textos/VDTeodoro1998.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

TEODORO, S. R. **A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional.** 278 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências – UNESP. Bauru, 2000.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física: Mecânica, Oscilações e Ondas.** v. 1. 2006.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VIDAL, I. M.; MONFERRER, S. J.; MOLINA, C. C. **Emulando a Römer: medida de la velocidad de la luz cronometrando los eclipses de Io.** Revista Española de Física. v.24, n.3, 2010. p.48-51.

APÊNDICES

Apêndice A

Termo de Concordância da Direção da Instituição de Ensino

A senhora Gestora da Escola Estadual de Educação Tecnológica do Estado do Pará Prof. Francisco das Chagas Ribeiro de Azevedo – Cacau:

Eu, Jefferson Oliveira do Nascimento, aluno regularmente matriculado no Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES, em Lajeado/RS, venho por meio deste solicitar a autorização para coletar dados neste estabelecimento de ensino, para a realização de minha pesquisa de Mestrado, intitulada: “**O ensino de Física por meio do uso de ferramentas tecnológicas: Um estudo de caso com o PROEJA**” tendo como objetivo geral: Identificar se há indícios de aprendizagem significativa dos conteúdos pelos alunos no ensino de Física por meio por meio da utilização de ferramentas tecnológicas em uma turma de PROEJA na Escola Estadual de Educação Tecnológica do Estado do Pará Prof. Francisco das Chagas Ribeiro de Azevedo – Cacau (EEETEPa), localizada no distrito de Icoaraci, Belém/PA.

Afirmo ainda, que as coletas de dados serão realizadas através de observações, filmagens, fotografias e entrevistas aos alunos do 2º semestre do PROEJA, do curso Técnico em Informática, cujo ano de ingresso se deu em 2014 nesta escola. Desde já, agradecemos a disponibilização, visto que a pesquisa contribuirá para a comunidade científica.

Pelo presente termo de concordância declaro que autorizo a realização da pesquisa na Escola Estadual de Educação Tecnológica do Estado do Pará Prof. Francisco das Chagas Ribeiro de Azevedo – Cacau (EEETEPa), localizada no distrito de Icoaraci, Belém/PA:

Belém/Pa, _____ de _____ de 2014

Direção da Escola

Jefferson Oliveira do Nascimento
Mestrando em Ensino de Ciências Exatas – UNIVATES

Apêndice B
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Com o intuito de alcançar o objetivo proposto para este projeto: **“O ensino de Física por meio do uso de ferramentas tecnológicas: Um estudo de caso com o PROEJA”**, venho por meio deste documento convidar-lhe a participar desta pesquisa que faz parte da dissertação de mestrado desenvolvida no programa de Pós Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, tendo como Orientador o Professor Dr. Italo Gabriel Neide. Deste modo, no caso de concordância em participar desta pesquisa ou permitir participar (alunos menores de idade), ficará ciente de que a partir da presente data:

- Os direitos da entrevista gravada, filmada ou respondidas (questionários) realizada pelo pesquisador, será utilizada integral ou parcialmente, sem restrições;

- Estará assegurado o anonimato nos resultados dos dados obtidos, sendo que todos os registros ficarão de posse do pesquisador por cinco anos e após esse período serão extintos.

Será garantido também:

- Receber a resposta e/ou esclarecimento de qualquer pergunta e dúvida a respeito da pesquisa;

- Poderá retirar seu consentimento a qualquer momento, deixando de participar do estudo, sem que isso traga qualquer tipo de prejuízo.

Assim, mediante termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo minha participação nesta pesquisa, por estar esclarecido(a) e não me oferecer nem um risco de qualquer natureza. Declaro ainda, que as informações fornecidas nesta pesquisa podem ser usadas e divulgadas neste curso Pós-graduação *stricto sensu*, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário, bem como nos meios científicos, publicações eletrônicas e apresentações profissionais.

Participante da pesquisa

Pesquisador: Jefferson Oliveira do Nascimento
jeffersonascimento@gmail.com

Belém/Pa, _____ de _____ de 2014

Apêndice C

Pré-teste semiestruturado relacionado com as temáticas do sistema solar, formato da terra e campos gravitacionais.

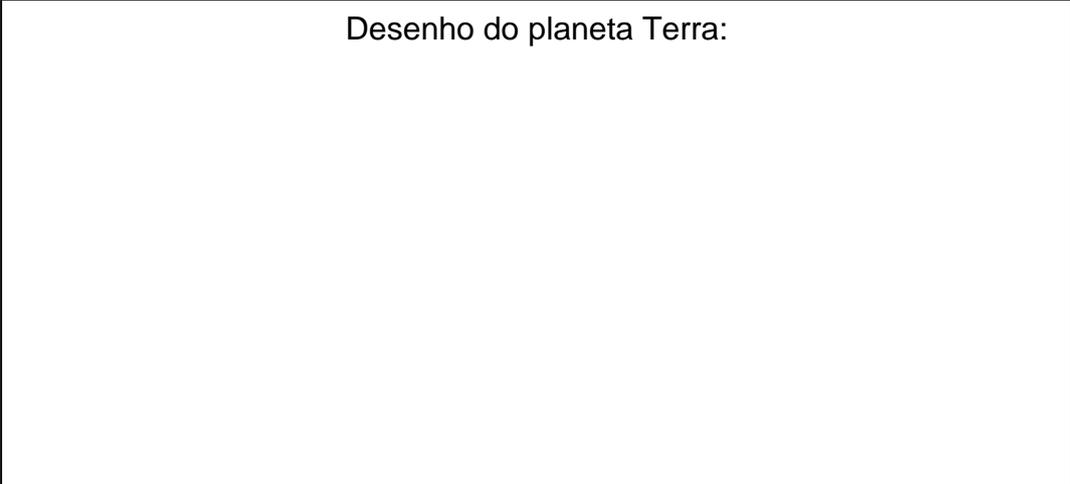
Nome: _____ N°: _____

Turma: _____ Data de aplicação: ____/____/____

Professor: Jefferson Oliveira do Nascimento.

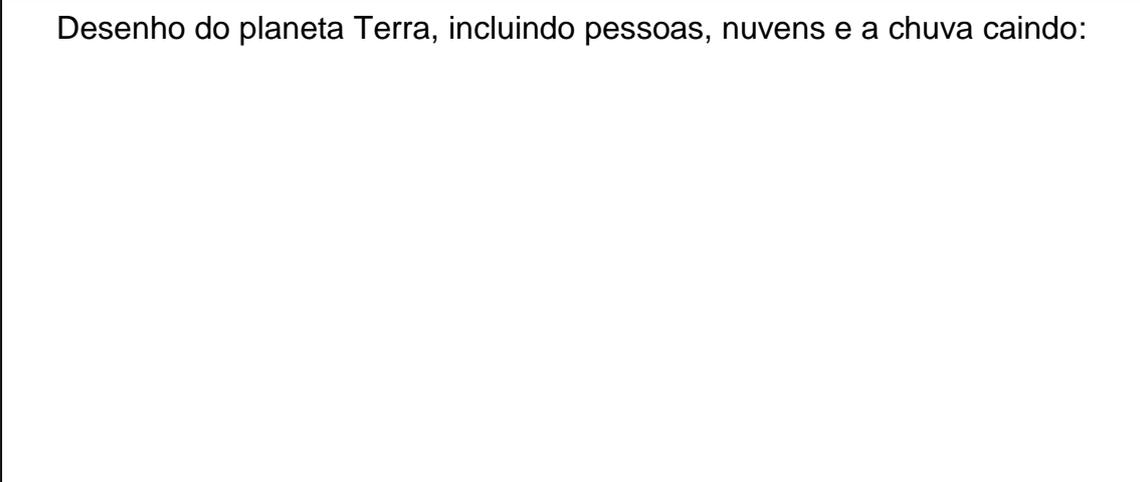
- 1) Ao ligar sua televisão para assistir as notícias em um determinado jornal, inicia uma reportagem sobre a nossa galáxia, mostrando belas imagens do nosso planeta, da Lua e do Sol. Ficamos maravilhados de podermos ver tais imagens, em que um dos poucos profissionais que podem ver nossa bela casa (Terra) de fora para dentro se chamam Astronautas. Sendo assim:
 - a) A partir de seus conhecimentos anteriores, faça um desenho que represente nosso planeta como seria visto pelos astronautas:

Desenho do planeta Terra:



- b) Ainda conforme a visão dos Astronautas, represente novamente a Terra, incluindo agora pessoas, nuvens e a chuva caindo, preferencialmente em pontos diferentes:

Desenho do planeta Terra, incluindo pessoas, nuvens e a chuva caindo:

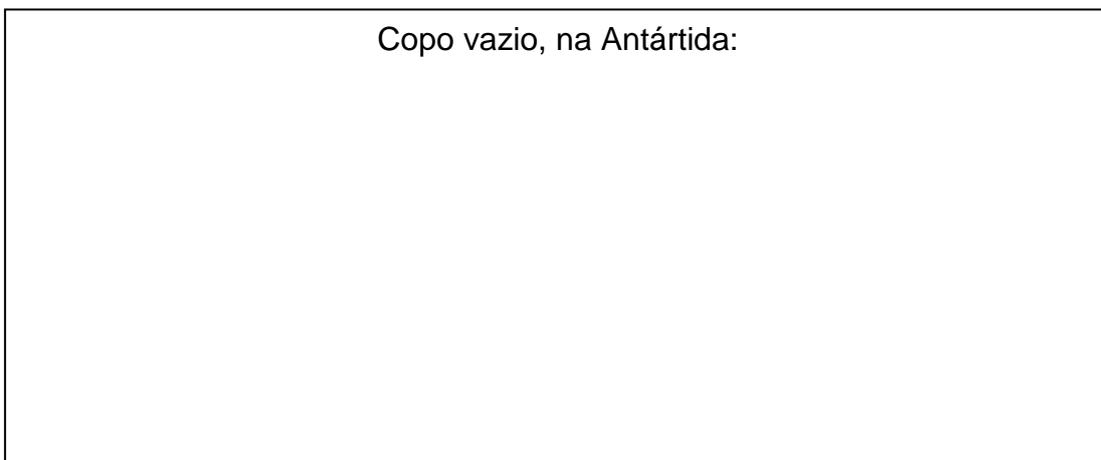


- 2) Suponhamos que, em uma determinada premiação, você ganha o copo da figura abaixo, bem como uma viagem para a Antártida. Você com o seu novo copo viajam:



- a) Faça um desenho do copo, na Antártida, vazio.

Copo vazio, na Antártida:

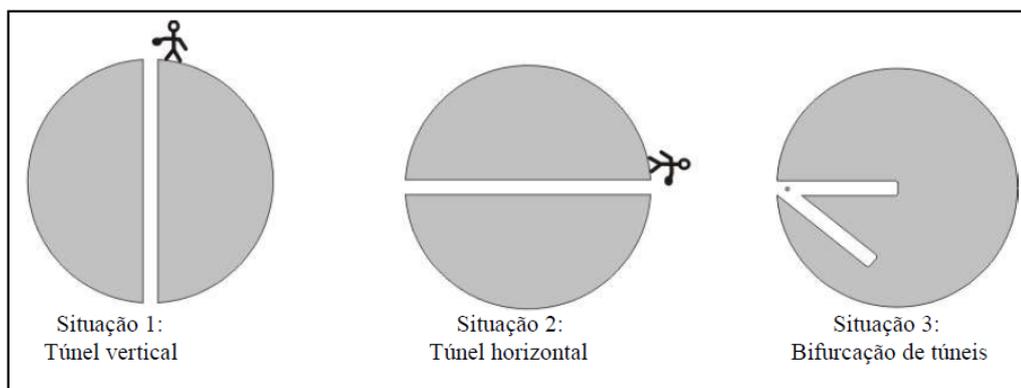


- b) Agora, faça um desenho do copo com água até a metade, na Antártida.

Obs. Considere a água na fase líquida.

Copo, com água a metade:

- 3) A Indomada foi uma novela que passou em canal aberto no Brasil no ano de 1997. Um dos fatos que ocorreu nesta dramaturgia, merecendo o nosso olhar, foi o fato do delegado da cidade, ter caído em um buraco aberto, e chegar assim, em uma cidade diametralmente oposta em relação a sua. Com base nesta obra de ficção, vamos levar nossos pensamentos para imaginar as três situações a seguir. Após sua análise atenta para cada uma delas, desenhe a trajetória de uma pedra caindo em cada uma das situações, afim de que se possa representar o que ocorreria com a pedra.

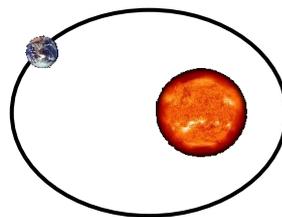


- 4) Suponhamos que você, morando no 3º andar de um prédio no centro de Belém, chega até a janela que dá vista para o *playground*, o qual se encontra em reforma, e coloca dois objetos de mesmas dimensões e volumes, mas de materiais de naturezas diferentes. Um deles é de chumbo e o outro composto de massa durepoxi. Devido a ação do vento, a janela fecha, empurrando ambos ao mesmo tempo para fora. Diante de tais informações e desprezando o atrito com o ar, podemos concluir que:

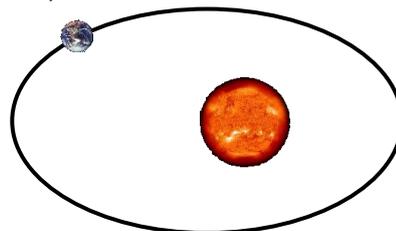
b)

c)

d)

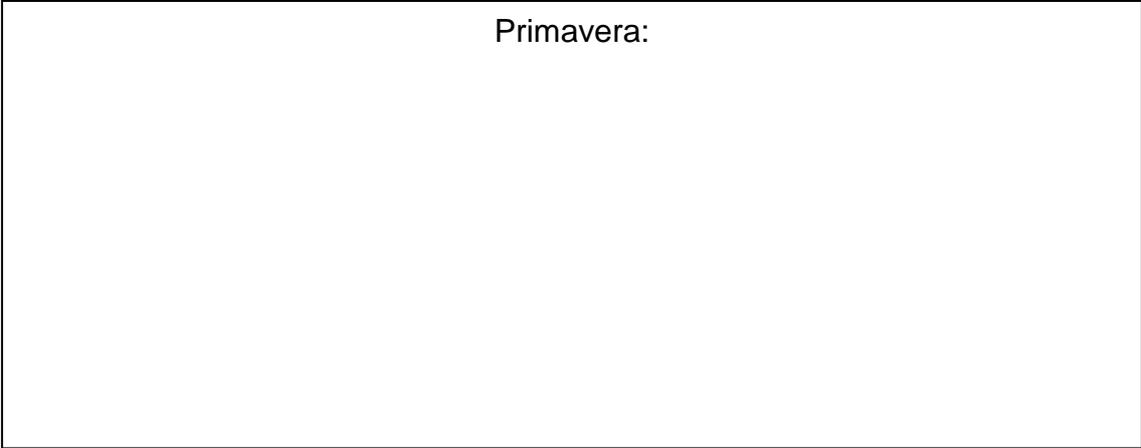


e)



- 6) As estações do ano são fenômenos observados pelo ser humano desde o início de sua existência.
- a) Faça desenhos representativos nos quadros abaixo, demonstrando as suas ideias referentes a cada estação do ano:

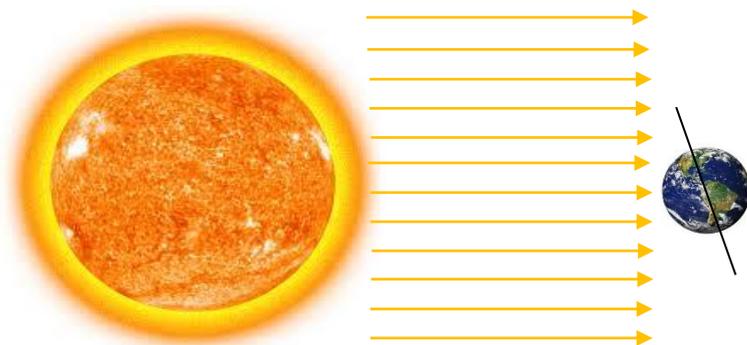
Primavera:



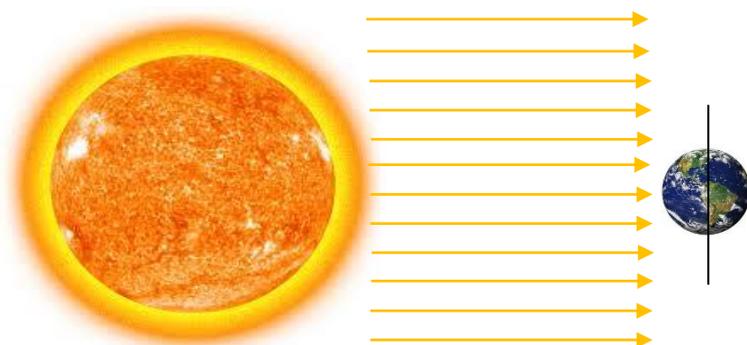
Verão:



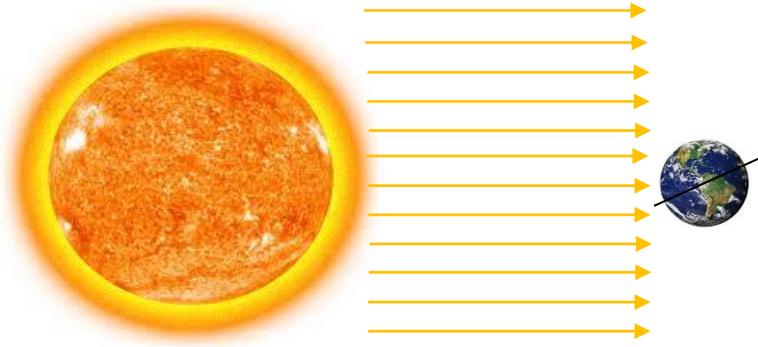
a)



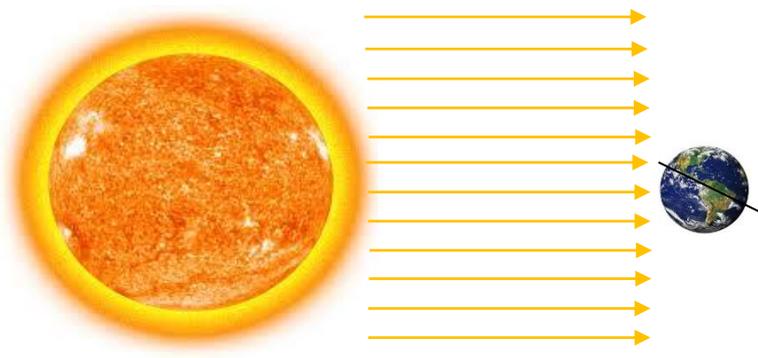
b)



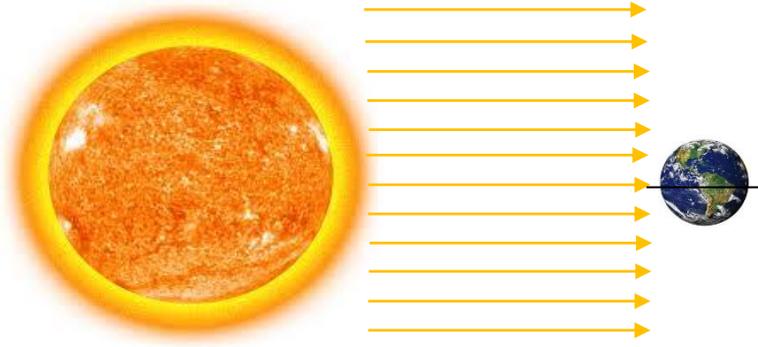
c)



d)



e)



Apêndice D

Nome: _____ N°: _____

Turma: _____ PROEJA _____ Data de aplicação: ____/____/____

Professor: Jefferson Oliveira do Nascimento.

Atividade de pós-teste

1) Leia o texto abaixo:

²¹Na "Cidade das Mangueiras" são muitos os carros atingidos pelo fruto. Mangas fazem parte da identidade cultural da capital paraense.

As mangas são um símbolo da cidade de Belém/PA. Conhecida como "Cidade das Mangueiras", para os moradores, já é natural vê-las caindo nas ruas e calçadas. Mas a pequena fruta também é vilã: os motoristas contabilizam os estragos quando veículos, estacionados sob as sombras das árvores, são premiados com a queda de mangas. Os prejuízos são altos, mas é justamente de consertar carros amassados por mangas que vem o lucro de muitos mecânicos na capital paraense.

Diante do texto anterior e auxiliando de seus conhecimentos referente à Terra como um corpo cósmico, hipoteticamente, imagine o nosso planeta com as árvores mangueiras espalhadas e seus frutos caindo. Diante desta suposição, agora faça o desenho: Terra, mangueiras espalhadas pelo planeta, com seus frutos caindo.

²¹ Texto adaptado de <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2013/11/mecanico-lucra-com-prejuizos-causados-por-mangas-em-belem.html>. Acesso em 09 jan. 2014.

- d) Porque nessas regiões metade do ano irá ocorrer o verão e a outra o inverno, devido o eixo de rotação da Terra ter uma inclinação de aproximadamente 23° , em relação à perpendicular ao plano de sua órbita em torno do Sol.
- e) As estações do ano são criações puramente didáticas, ou seja, não existem efetivamente as características abordadas referentes à primavera, verão, outono e inverno.

- 5) Utilizando seus conhecimentos sobre as estações do ano, complete a tabela preencha corretamente a tabela abaixo, com as informações necessárias.

Estações	Hemisfério	Data de Início	Duração do dia em relação à noite	Data astronômica
VERÃO				
OUTONO				
INVERNO				
PRIMAVERA				

- 6) A insolação é a quantidade de energia que incide numa determinada área na Terra. Ela varia com o ângulo de incidência do Sol, sendo maior próximo ao meio-dia e menor nos instantes próximos ao nascer e ao pôr-do-sol. Diante de tais informações e de seus conhecimentos sobre a temática de Terra como um corpo cósmico, analise as figuras abaixo, respondendo os questionamentos na sequência.

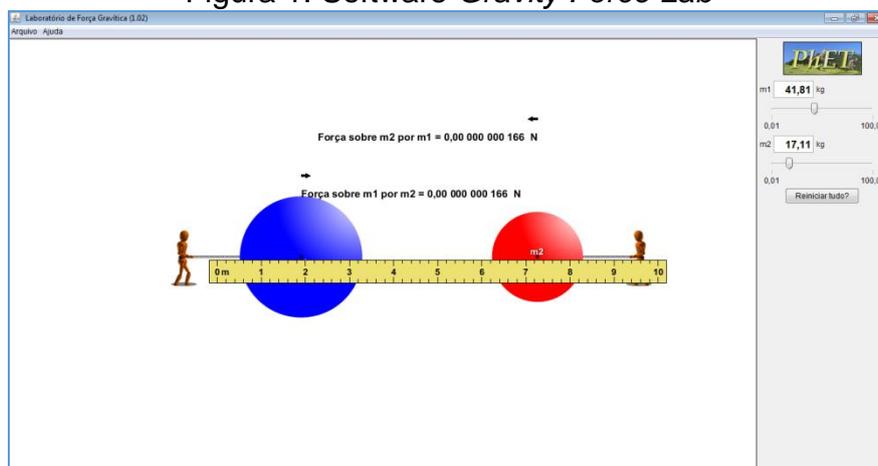
Apêndice E

Nome: _____ N°: _____
 Turma: _____ Data de aplicação: ____/____/____
 Professor: Jefferson Oliveira do Nascimento.

Inicialmente, utilizando o software *Gravity Force Lab*, estabeleça os valores das forças solicitadas e preenchendo as tabelas. Na sequência utilizaremos duas planilhas no Microsoft Excel para continuarmos o nosso estudo:

Arquivo: gravity-and-orbits_pt_BR.jar

Figura 1: Software *Gravity Force Lab*



Fonte: Do autor

1ª situação

- Coloque ambas as massas com valor de 25kg. Utilizando a régua presente no software, estabeleça o corpo azul (m_1) na posição 1m e corpo vermelho (m_2) na posição 9m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Agora, mantenha as informações anteriores, alterando apenas a posição do corpo vermelho (m_2) para 7m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Com as mesmas condições anteriores, altere o local do corpo vermelho, para a posição 4m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.

- b) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

Coloque os valores trabalhados acima na tabela abaixo:

Massa (m_1)	Posição de m_1	Massa (m_2)	Posição de m_2	Força de m_1 em m_2	Força de m_2 em m_1

Situação 2

- Em relação ao valor da massa do corpo azul (m_1), tratado na situação 1, estabeleça a nova massa para o corpo vermelho (m_2), correspondendo ao dobro do corpo azul (m_1). Com a utilização da régua presente no software, estabeleça o corpo azul (m_1) na posição 1m e corpo vermelho (m_2) na posição 9m.

- a) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- b) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Agora, altere apenas a posição do corpo vermelho (m_2) para 7m.

- a) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- b) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Por fim, altere o local do corpo vermelho, para a posição 4m.

- a) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- b) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

Coloque os valores trabalhados acima na tabela abaixo:

Massa (m_1)	Posição de m_1	Massa (m_2)	Posição de m_2	Força de m_1 em m_2	Força de m_2 em m_1

Situação 3

- Permanecendo constante o valor da massa do corpo azul (m_1), em 25kg, estabeleça um novo valor de massa para o corpo vermelho (m_2), 75 kg. Com o

auxílio da régua presente no software, estabeleça o corpo azul (m_1) na posição 1m e corpo vermelho (m_2) na posição 9m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Agora, altere apenas a posição do corpo vermelho (m_2) para 7m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Por fim, altere o local do corpo vermelho, para a posição 4m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

Coloque os valores trabalhados acima na tabela abaixo:

Massa (m_1)	Posição de m_1	Massa (m_2)	Posição de m_2	Força de m_1 em m_2	Força de m_2 em m_1

4ª situação

-Estabeleça o valor da massa do corpo azul (m_1) igual a 10 kg e para o corpo vermelho (m_2) 5kg. Utilizando a régua para um posicionamento dos corpos, coloque o corpo azul (m_1) na posição 0m e corpo vermelho (m_2) na posição 2m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Agora, mantenha as informações anteriores, alterando apenas a posição do corpo vermelho (m_2) para 4m.

- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Com as mesmas condições anteriores, altere o local do corpo vermelho (m_2), para a posição 6m.

- c) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- d) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

- Ainda com as mesmas condições anteriores, altere o local do corpo vermelho (m_2), para a posição 8m.

- a) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo vermelho (m_2) exercerá sobre o azul (m_1)? _____.
- b) Qual a intensidade da força gravitacional que o corpo azul (m_1) exercerá sobre o vermelho (m_2)? _____.

Coloque os valores trabalhados acima na tabela abaixo:

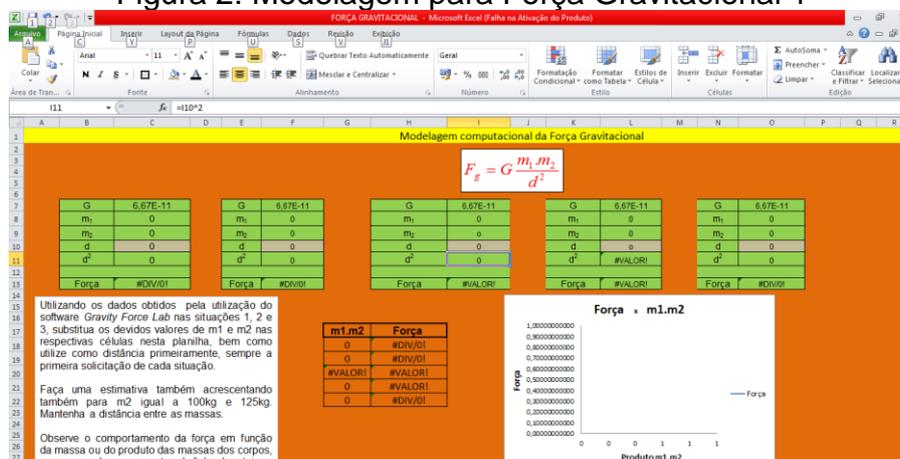
Massa (m_1)	Posição de m_1	Massa (m_2)	Posição de m_2	Distância entre os corpos	Força de m_1 em m_2	Força de m_2 em m_1

Modelagem computacional utilizando o software Microsoft Excel

Após a utilização do software Gravity Force Lab, com os valores obtidos passemos agora para duas planilhas no Microsoft Excel.

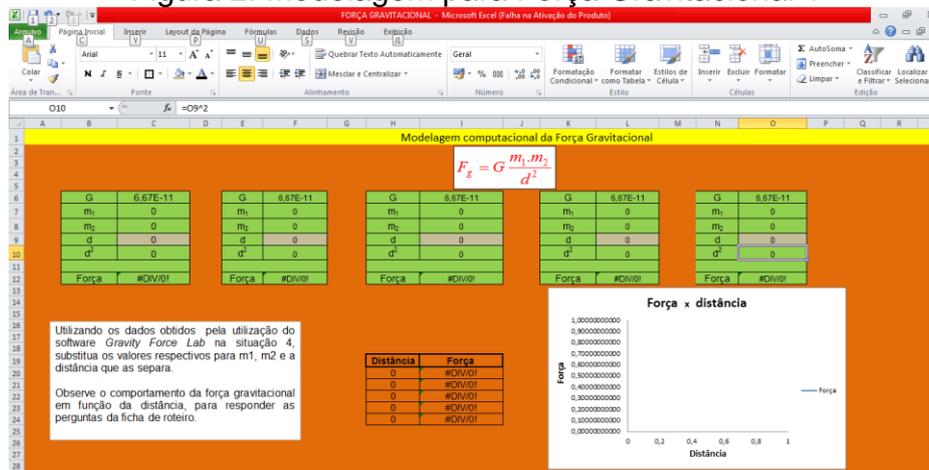
Arquivo: forçagravitacional.xlsx

Figura 2: Modelagem para Força Gravitacional 1



Fonte: Do autor.

Figura 2: Modelagem para Força Gravitacional 1



Fonte: Do autor.

Após a utilização dos softwares *Gravity Force Lab* e *Microsoft Excel*, responda as questões abaixo.

- 1) Em todas as situações acima, os valores obtidos de Força para cada par de m₁ em m₂ e Força de m₂ em m₁ resultaram em um mesmo valor ou diferente, mantendo constante a distância entre as massas? Explique sua resposta.

- 2) O que acontece com o valor da força gravitacional entre os corpos quando:
 - a) A massa de um corpo é o dobro do outro corpo?

 - b) A massa de um corpo é o triplo do outro corpo?

 - c) A massa de um corpo a metade do outro corpo?

 - d) Qual o gráfico que representa as situações acima?

- 3) O que acontece com o valor da força gravitacional entre dois corpos de massas iguais quando:
- a) A distância entre eles duplica?
 - b) A distância entre eles triplica?
 - c) A distância entre eles é reduzida a metade?
 - d) Qual o gráfico que representa as situações acima?
- 4) Caso um objeto tenha um valor de massa consideravelmente elevado em relação ao outro corpo, qual o efeito que a força gravitacional poderá causar?
- 5) A força gravitacional é de atração entre as massas de corpos distanciados entre si. Seguindo este raciocínio, porque seu caderno escolar, lápis ou borracha, não são atraídos pelo seu corpo, da mesma forma que a Terra os atraem? Explique.
- 6) Considere dois astronautas no Espaço Sideral, na ausência de qualquer corpo com elevado valor de massa. Sendo assim, observado a interação mútua entre ambos, os dois astronautas próximos um do outro irão se atrair? Explique.

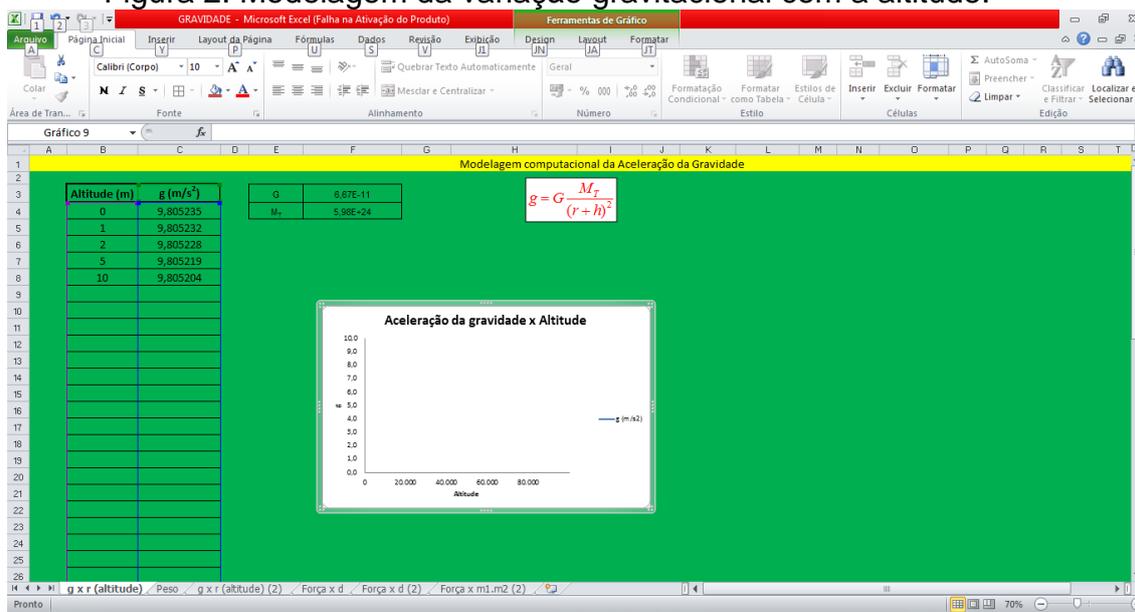
Apêndice F

Modelagem computacional utilizando o *software* Microsoft Excel

Após a utilização do *software Gravity and Orbits*, com os valores obtidos passemos agora para duas planilhas no Microsoft Excel.

Arquivo: estudogravidade.xlsx

Figura 2: Modelagem da variação gravitacional com a altitude.



Fonte: Do autor.

- I. Acrescente valores crescentes nas células que indicam altitude.
- II. Ao selecionar a primeira célula que indica o valor da aceleração da gravidade, selecione-a, clique e arraste para as demais células inferiores, para ser calculado o seu valor em função da altitude.

1) Qual o comportamento que você percebeu da aceleração da gravidade variando em função da altitude? Explique.

2) Qual o gráfico que representa a situação explicada anteriormente?

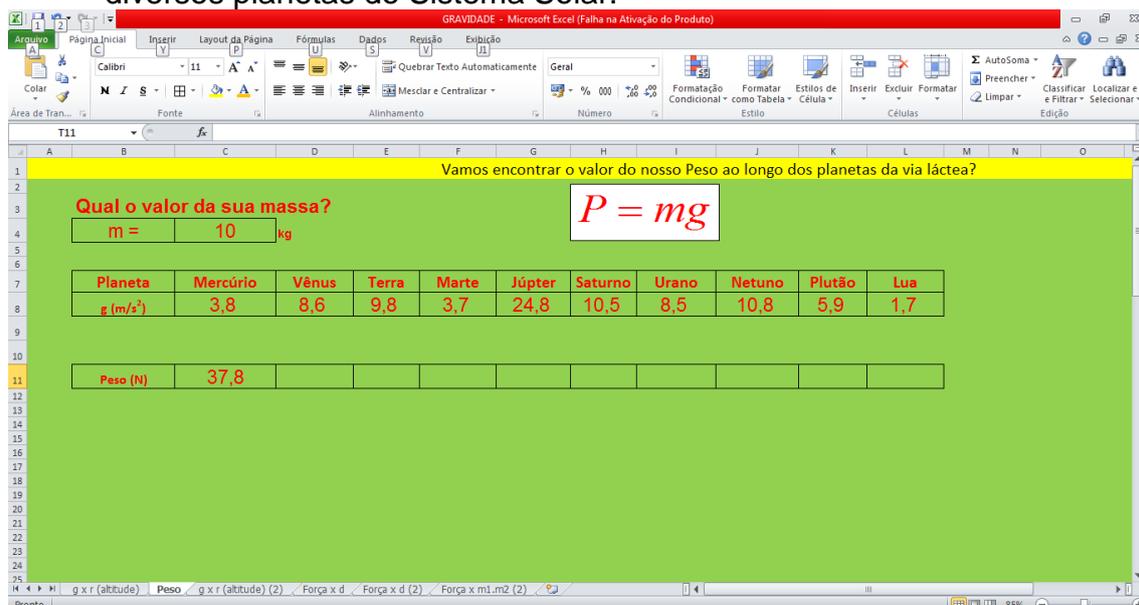
3) Qual o valor da aceleração da gravidade, quando a altitude for zero? Explique.

Modelagem computacional utilizando o *software* Microsoft Excel

Após a utilização do *software Gravity and Orbits*, com os valores obtidos passemos agora para a próxima planilha no Microsoft Excel.

Arquivo: estudogravidade.xlsx

Figura 3: Modelagem Computacional da variação da força Peso nos diversos planetas do Sistema Solar.



Fonte: Do autor.

- I. Acrescente o valor da sua massa, em kg, na célula indicada na planilha.
- II. Após a inserção acima, você visualizará o peso que você teria no planeta Mercúrio.

1) Verifique o seu Peso (em Newton) em relação aos planetas abaixo, utilizando a função arrastar, na planilha. Sendo assim, quais os valores verificados para:

- a) Mercúrio: _____
- b) Vênus: _____
- c) Terra: _____
- d) Marte: _____
- e) Júpiter: _____
- f) Saturno: _____
- g) Urano: _____
- h) Netuno: _____
- i) Plutão: _____

2) A sua massa se alteraria caso fosse possível você estar nestes planetas? E o seu Peso?

3) Entre as grandezas Peso e massa, quem é constante e quem é variável? Explique.

4) Leia o texto abaixo:

²²O vídeo presente no site <https://www.youtube.com/watch?v=HgcCpwlei>, (figura 4) mostra o astronauta **David Scott**, comandante da missão Apollo 15 (1971), realizando um experimento de queda livre em sua última caminhada lunar. Segurando uma pena de falcão na mão esquerda e um martelo de alumínio na mão direita, o astronauta deixou-os cair de uma altura aproximada de 1,6 m (pouco abaixo dos seus ombros).

O martelo, todos nós sabemos que é bem mais pesado do que a pena. Segundo informações oficiais da NASA, o martelo tinha massa de 1,32 kg enquanto a pena tinha apenas 30 g. Este experimento foi uma homenagem ao italiano **Galileu Galilei** (1564-1642), citado pelo astronauta como alguém importante que estudou a queda dos corpos num campo gravitacional, o ponto de partida para entendermos o comportamento da gravidade. E ratifica “[...] uma das razões por termos chegado aqui (na Lua) foi a existência há muito tempo atrás de um homem chamado Galileu [...]”.

Figura 4: Experiência da queda de um martelo e uma pena realizada na Lua.



Fonte: Youtube.

a) Ao deixar cair a pena e o martelo, qual objeto você acredita que chegou primeiro ao solo lunar? Explique.

²² Extraído e adaptado de http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2012-04-08_2012-04-14.html. Acesso em 18 nov. 2014.

- b) Qual o valor da aceleração da gravidade que ambos os objetos estavam submetidos na lua?

- c) Qual o Peso do martelo, na Lua?

- d) Qual o Peso da pena, na Lua?

Apêndice G

Software My solar System

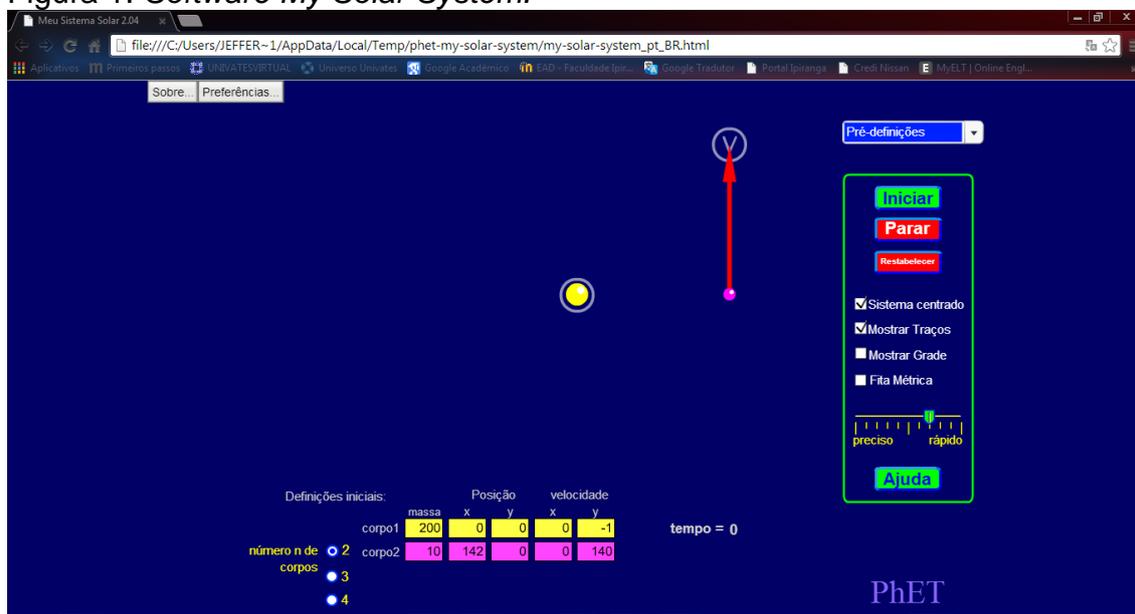
Aula 5: Roteiro e Atividade de simulação computacional para o estudo de revolução Planetária ao redor do Sol.

Objetivos a serem alcançados:

1. Simular o sistema Sol-Terra conforme os diversos materiais didáticos do ensino de física em não conformidade com o atual modelo científico.
2. Simular o sistema Sol-Terra conforme o atual modelo científico para comparação com a situação anterior.
3. Estudar a relação física da força gravitacional como a causa do movimento planetário.
4. Entender como a velocidade orbital é afetada pela distância entre a Terra e o Sol.
5. Estudar as interações do movimento orbital com as estações do ano, para o modelo Sol-Terra.

Arquivo: gravity-and-orbits_pt_BR.jar

Figura 1: Software My Solar System.



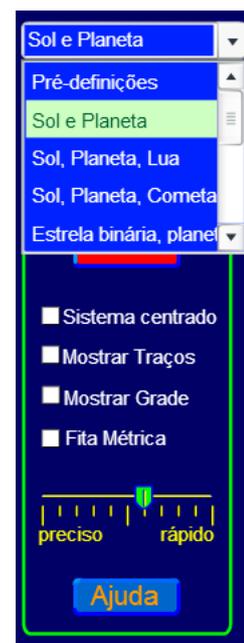
Fonte: Do autor.

- 1) Ao executar o *software My Solar System*, você observará a tela inicial conforme Figura 1. No menu localizado a direita:
 - I. Selecione a opção Sistema Centrado.

- II. *Click* no botão **INICIAR** e observe a simulação. Caso necessite pausar, aperte o botão **PARAR**. Para reiniciar, utilize o botão **INICIAR**.
- III. Enquanto ocorre a simulação, selecione no menu interativo a opção **Mostrar Traços**.
- a) Conforme a sua visualização da simulação, desenhe os objetos e suas respectivas trajetórias.

b) Podemos afirmar que a simulação anterior se refere ao sistema Terra-Sol? Explique a sua resposta.

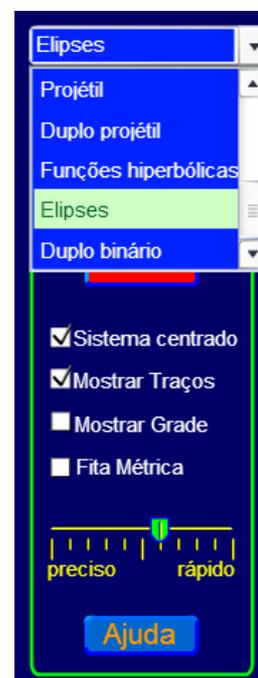
- 2) Utilizando o menu interativo no canto superior direito, escolha a opção de simulação do **Sol e Planeta**.
- i. Selecione as opções **Sistema Centrado** e **Mostrar Traços**.
- ii. *Click* no botão **INICIAR** e verifique a simulação.
- a) Responda novamente: Podemos afirmar que a simulação se refere ao sistema Terra-Sol?



- b) Durante a simulação, selecione a opção **Fita Métrica**: Meça, na horizontal, partindo do Sol como referência, a posição do planeta para a direita e para a esquerda. Quais valores que você encontrou?
- c) Com base nos valores encontrados, medidos anteriormente, qual a trajetória da órbita do Planeta realizada ao redor do Sol?

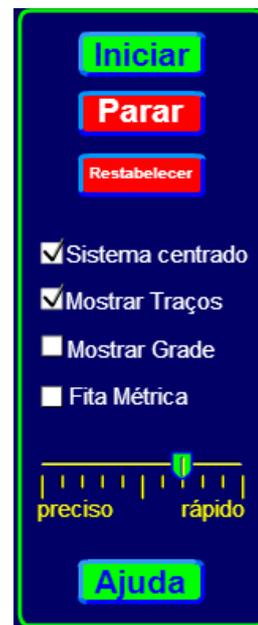
- d) Quais nomes poderíamos citar para essas duas posições, diametralmente opostas entre si na horizontal, do Planeta em relação ao Sol?
- e) Qual a variação destas distâncias do Planeta em relação ao Sol, caso estivéssemos nos referindo ao Modelo Sol-Terra?
- f) Esta diferença nas distâncias mais próxima e mais afastada, da Terra em relação ao Sol, é a responsável pelas estações verão e inverno? Explique sua resposta.

- 3) Utilizando o menu, escolha a opção de simulação do **Elipses**.
- Selecione as opções **Sistema Centrado** e **Mostrar Traços**.
 - Aperte o botão **INICIAR** e verifique a simulação.
 - Observe que três corpos orbitarão ao redor do Sol agora: Um **rosa**, um **azul** e um **verde**.
- a) Desenhe a trajetória das órbitas visualizadas na simulação para os três corpos.



- a) Qual dos planetas, **rosa**, **azul** ou **verde** é o que melhor representa o movimento pertencente ao sistema Terra-Sol? Explique sua resposta.

- b) As estações do ano nos três planetas **rosa**, **azul** e **verde** são afetadas pela forma das trajetórias? Explique sua resposta.
- 4) No menu interativo, *click* e arraste a barra de rolagem na opção **preciso – rápido** totalmente para **preciso**. Analise a simulação. Na sequência, altere a barra de rolagem totalmente para **rápido**. Para ambos os casos, analise na simulação o que ocorre com o valor da velocidade média dos corpos **rosa**, **azul** e **verde** quando:
- a) Afastam-se do Sol: A velocidade média permanece constante, aumenta ou diminui? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.



- b) Aproximam-se do Sol: A velocidade média permanece constante, aumenta ou diminui? Circule uma das opções anteriores e explique sua resposta.
- c) Qual a força responsável pelo movimento orbital descrito pelos Planetas ao redor do Sol?
- d) A força citada anteriormente é de atração ou repulsão? Explique sua resposta.
- e) O valor da força exercida pelo Sol no Planeta tem intensidade maior, menor ou de mesmo valor que a intensidade da força exercida do planeta no Sol? Circule uma das alternativas anteriores e explique sua resposta.

Apêndice H

Atividade elaborada para o desenvolvimento da Modelagem Computacional utilizando o *Software Modellus*, para o estudo das Estações do Ano.

Nome: _____ N°: _____

Turma: ___PROEJA_____ Data de aplicação: ___/___/___

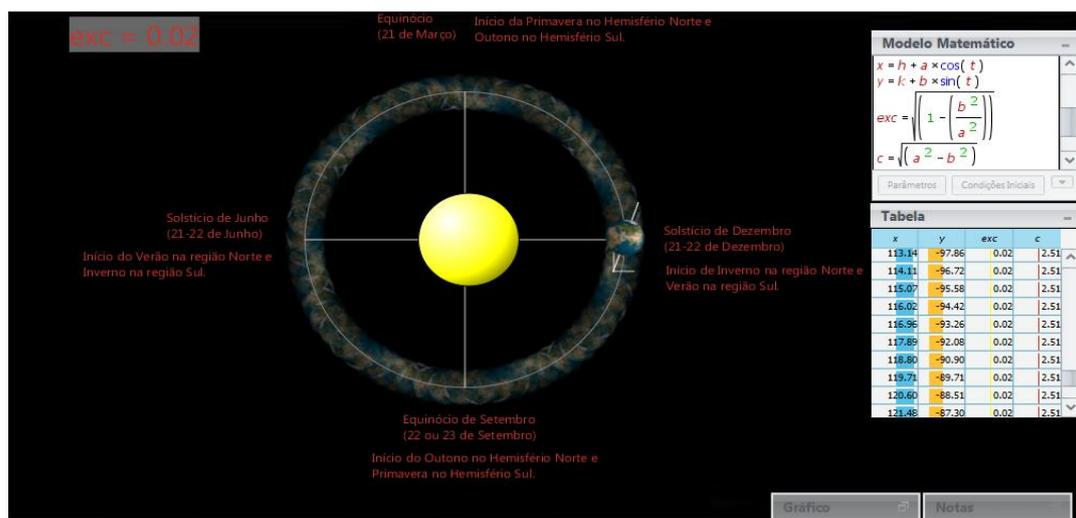
Professor: Jefferson Oliveira do Nascimento.

- 1) Ao executar o arquivo *estaçoesdoano.modellus*, na sequência, atribua ao modelo computacional, na caixa **Modelo Matemático** as seguintes informações numéricas:

$a=149.598$ $b=149.577$ $h=0$ $k=0$
--

- a) Verifique se o seu modelo computacional está conforme imagem abaixo:

- b) Clic no botão *play* e verifique o desenvolvimento da Modelagem, tendo como resultado a imagem a seguir, utilizando os valores para o sistema Terra-Sol:



- 2) Considerando o modelo computacional disposto no *Modellus*, com os parâmetros anteriores ainda alterados por você, atribuindo aos coeficientes literais os valores corretos para o sistema Terra-Sol, ao observar a modelagem:
 - a) Faça o desenho da trajetória realizada pela Terra ao redor do Sol. Qual o nome desta trajetória?
 - b) Explique o porquê da trajetória visualizada na modelagem ser semelhante a uma circunferência.
 - c) Quais os valores alterados na modelagem computacional que ratificam a forma da trajetória da Terra ao redor do Sol? Explique sua resposta.
- 3) Quais as estações que iniciam na data de Solstício? O que significa a esta data?
- 4) Quais as estações que iniciam na data de Equinócio? O que significa a esta data?
- 5) Ao compararmos a duração do dia (tempo de claridade) e da noite (tempo de escuridão) entre Solstício e Equinócio, qual a conclusão que chegaremos?

ANEXOS

Anexo 1

Conteúdo programático que norteia a 1ª série do ensino médio e do 1º e 2º semestres do PROEJA.

COMPETÊNCIAS	EIXO TEMÁTICO: MOVIMENTOS: VARIAÇÕES E CONSERVAÇÕES	HABILIDADES	CONTEÚDOS
<p>1 – Compreender a Física como a representação baseada na experimentação e abstração</p> <p>2 – Analisar os princípios e leis que relacionam a Física com a tecnologia, com a vida, com a Terra e com fenômenos atmosféricos</p> <p>3 – Compreender os modelos físicos identificando suas vantagens e limitações na descrição de fenômenos</p> <p>5 – Analisar e interpretar grandezas e leis físicas representadas em gráficos e tabelas</p>	<p>1 - Identificar os diferentes movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação.</p> <p>2 - Caracterizar as variações de algumas das grandezas relevantes para a descrição dos movimentos.</p> <p>3 - Reconhecer as forças como as causas da variação dos movimentos.</p> <p>4 - Identificar formas e transformações de energia associadas aos movimentos reais, avaliando, quando pertinente, o trabalho envolvido e a energia dissipada.</p> <p>5 - Quantificar as transformações e a potência disponível ou necessária para sua utilização a partir da conservação da energia de um sistema.</p> <p>6 - Conhecer os movimentos da Terra, da Lua e do Sol, relacionando-os aos fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da Lua, eclipses etc.).</p> <p>7 - Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.</p> <p>8— Utilizar a representação matemática das leis físicas como instrumento de análise e predição das relações entre grandezas e conceitos</p>	<p>1 - Mecânica</p> <p>1.1 – Movimentos de translação e de rotação</p> <p>1.2 – Leis do movimento: inércia e forças</p> <p>1.3 – Lei de conservação da energia mecânica</p> <p>1.4 – Lei de conservação da quantidade de movimento</p>	