



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 4 IFAM/UFAM**

Railson Caxeixa Marques

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA VOLTADA A TÓPICOS DE ASTRONOMIA E
ASTRONÁUTICA**

Manaus
2023

Railson Caxeixa Marques

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA VOLTADA A TÓPICOS DE ASTRONOMIA E
ASTRONÁUTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Amazonas em parceria com a Universidade Federal do Amazonas IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador Prof. Dr. José Ricardo de Sousa

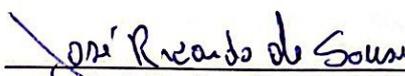
Manaus
2023



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 57ª Defesa de Dissertação

Aos dezessete dias do mês de janeiro, do ano de dois mil e vinte e três, às dez horas, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando Railson Caxeixa Marques, intitulada: “SEQUÊNCIA DIDÁTICA VOLTADA A TÓPICOS DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA”, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. José Ricardo de Sousa (UFAM), Prof. Drª. Vanussa Bezerra Pacheco (UEPG) e Prof. Dr. Lúcio Fábio Pereira da Silva (UFAM). O Professor Doutor José Ricardo de Sousa, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou ao interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, uma (02) vias impressa e encadernada no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.



Prof. Dr. José Ricardo de Sousa
Presidente - UFAM

Documento assinado digitalmente
 VANUSA BEZERRA PACHECO
Data: 06/02/2023 22:57:15-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br> _____
CO

Documento assinado digitalmente
 LUCIO FABIO PEREIRA DA SILVA
Data: 20/01/2023 16:27:36-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br> _____
Silva
Membro Interno - UFAM

Biblioteca IFAM – Campus Manaus Centro

M357s Marques, Railson Caxeixa.

Sequência didática voltada a tópicos de astronomia e astronáutica /
Railson Caxeixa Marques. – Manaus, 2023.
234 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,
Campus Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2023.
Orientador: Prof. Dr. José Ricardo de Sousa.

1. Física – ensino. 2. Sequência didática. 3. Aprendizagem
significativa. 4. Astronomia. I. Sousa, José Ricardo de. (Orient.) II.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III.
Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530

Dedico esta dissertação a Deus por iluminar meus caminhos em ter conquistado forças em chegar até aqui

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela saúde e conseqüentemente pela vida!

Aos meus professores do Curso do Mestrado Profissional em Ensino de Física Polo 4 que compartilharam seus conhecimentos

Aos meus colegas de curso de Mestrado.

A minha companheira que sempre esteve ao meu lado Eliete por sempre ser consciente nas minhas horas de Estudo.

Ao meu Pai em sempre me dar apoio nos meus Estudos.

Ao meu orientador professor José Ricardo de Sousa que sempre me atendeu ao ser solicitado.

As gestoras da Escola Municipal João Soares da Fonseca do período de 2017 a 2022 da Fonseca que me apoiaram em meus estudos

Ao professor de Matemática do Estado do Amazonas Edvaldo Holanda

Aos professores de Física do Cet Coari: Valcileo Pinheiro da Silva e Adlas Oliveira dos Anjos

A Fundação de Amparo à pesquisa do estado do Amazonas (FAPEAM) Pela Bolsa de Estudos Concedida me ajudou muito.

E por fim todos aqueles me ajudaram indiretamente ou diretamente na conclusão deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Este trabalho pretende apresentar e propor uma Sequência Didática voltada a tópicos de Astronomia e Astronáutica com ênfase nas leis de Newton, pois essas ciências quando aplicadas nas aulas de Física promovem o desenvolvimento de atividades significativas; A elaboração do produto educacional teve como referência a Teoria de Ensino e Aprendizagem de David Ausubel e a utilização de recursos metodológicos como história da Física, oficinas, uso do stellarium e excel que são fundamentais para aproximar os alunos com a temática; A aplicação da SD teve como público alvo uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola estadual de tempo integral do município de Coari estado do Amazonas e as suas atividades foram realizadas durante o período da Pandemia de Covid 19 com aulas presenciais, onde os professores e alunos já estavam imunizados com uma dose da vacina; Para o estudo dos dados coletados usamos a abordagem qualitativa e quantitativa com análise de desempenho por gênero masculino e feminino e como resultando constou-se no questionário final que os alunos assimilaram os conceitos propostos, para o professor a SD promove a organização do processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Sequência Didática; Astronomia; Astronáutica; Aprendizagem significativa

ABSTRACT

This work intends to present and propose a Didactic Sequence focused on Astronomy and Astronautics topics with emphasis on Newton's laws, as these sciences when applied in Physics classes promote the development of meaningful activities; The elaboration of the educational product had David Ausubel's Theory of Teaching and Learning as a reference and the use of methodological resources such as the history of Physics, workshops, use of the stellarium and *excel*, which are fundamental to bring students closer to the theme; The SD application had as its target audience a 1st year high school class at a full-time state school in the municipality of Coari, state of Amazonas, and its activities were carried out during the period of the Covid 19 Pandemic with face-to-face classes, where students teachers and students were already immunized with a dose of the vaccine; For the study of the data collected, we used a qualitative and quantitative approach with analysis of performance by male and female gender and as a result, it was found in the final questionnaire that the students assimilated the proposed concepts, for the teacher, SD promotes the organization of the teaching process and learning.

Keywords: Following teaching; Astronomy; Astronautics; Meaningful learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo dos Pitagóricos	38
Figura 2 – Modelo de Aristóteles.....	39
Figura 3 – Modelo de Ptolomeu epiciclo	39
Figura 4 – Modelo de Ptolomeu	40
Figura 5 – Movimento retrógrado de Marte	41
Figura 6 – Modelo de Nicolau Copérnico	42
Figura 7 – Movimento retrógrado dos planetas	43
Figura 8 – Modelo Misto de Tycho Brahe.....	44
Figura 9 – Método para obter a órbita da Terra.....	45
Figura 10 – A interpretação geométrica da elipse de Marte por Kepler	46
Figura 11 – Definindo a elipse.....	48
Figura 12 – Medida do comprimento da elipse e distância focal.....	49
Figura 13 – Modelo das órbitas por Kepler	50
Figura 14 – A excentricidade dos planetas	50
Figura 15 – Raio médio	51
Figura 16 – Órbita da Terra meses do Periélio e Afélio.....	52
Figura 17 – Segunda lei de Kepler	53
Figura 18 – Philosophiae Naturalis Principia Mathematica	56
Figura 19 – 1ª Lei de Newton nos passageiros	58
Figura 20 – Aplicação da 2ª Lei de Newton.....	59
Figura 21 – Terceira Lei de Newton em blocos	60
Figura 22 – Terceira Lei de Newton entre dois corpos.....	61
Figura 23 – Referencial de Copérnico.....	62
Figura 24 – Sistema Sol e Planeta para uma órbita circular.....	64
Figura 25 – Força Gravitacional entre um Sistema Sol e Planeta	66
Figura 26 – Gráfico da força Gravitacional em função da distância	67
Figura 27 – Dois corpos de massas diferentes com mesmo período.....	68
Figura 28 – A terceira Lei de Kepler para órbitas circulares.....	70
Figura 29 – Modelo das Linhas de Força do Planeta Terra	72
Figura 30 – Força peso aplicado em objeto de massa m_o	74
Figura 31 – Objeto em Microgravidade	75
Figura 32 – Mecanismo Inventado por Hera	77
Figura 33 – Foguete Chinês.....	77
Figura 34 – Uma foto de próprio Tsiolkovsky	78
Figura 35 – Foguete de Tsiolkovsky.....	79
Figura 36 – Goddard ao lado do primeiro foguete movido a combustível líquido.....	80
Figura 37 – Hermann Oberth e Wernher von Braun, em 1961, nos EUA.....	81
Figura 38 – Korolev	82
Figura 39 – Referencial Para o lançamento oblíquo	83
Figura 40 – Lançamento oblíquo verificando as componentes de v_0	84
Figura 41 – Mudança da velocidade $v \vec{}$ ao longo dos movimentos MRU e MRUV ...	85
Figura 42 – Deslocamento de um Objeto em MRU E MRUV	85
Figura 43 – Análise do Movimento nos eixos x e y do movimento de um objeto	86
Figura 44 – Alcance máximo e Altura.....	87
Figura 45 – Forças em Equilíbrio	88
Figura 46 – 2ª e 3ª Lei de Newton em Foguetes.....	90
Figura 47 – Centro de Massa e Centro de Pressão do Foguete de Garrafa PET.	92
Figura 48 – Forças que Atuam no Foguete de garrafa PET.....	93

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Aplicação do Questionário Inicial	108
Fotografia 2 – Apresentando as leis de Newton	109
Fotografia 3 – Calculando a Força Gravitacional	109
Fotografia 4 – Valores da aceleração da Gravidade de alguns astros	110
Fotografia 5 – Alunos explorando o stellarium	111
Fotografia 6 – Resposta de Aluno 1	113
Fotografia 7 – Resposta de Aluno 2	113
Fotografia 8 – Resposta de Aluno 3	114
Fotografia 9 – Resposta de Aluno 4	114
Fotografia 10 – Resposta de aluno 5	115
Fotografia 11 – Resposta de aluno 6	115
Fotografia 12 – Aula 8	116
Fotografia 13 – Oficina da 3ª lei de Kepler	117
Fotografia 14 – Tabela do resultado final da 3ª lei de Kepler	118
Fotografia 15 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo	118
Fotografia 16 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 2º grupo	119
Fotografia 17 – Cálculos da 3ª lei de Kepler grupo 3º	119
Fotografia 18 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo de Urano e outros	120
Fotografia 19 – Alunos explorando o excel	121
Fotografia 20 – Oficinas da base do Foguete.....	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – PCN Ensino Fundamental	22
Quadro 2 – PCN+ Ensino Médio Física.....	23
Quadro 3 – Habilidades e Competências da BNCC do 9º Ano	25
Quadro 4 – Dificuldades segundo os professores.....	30
Quadro 5 – Vídeo de Lançamentos dos Foguetes via Link.....	124

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial	129
Gráfico 2 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial: Sexo Masculino.....	130
Gráfico 3 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial: Sexo Feminino	130
Gráfico 4 – Desempenho da Turma no Questionário Final	133
Gráfico 5 – Desempenho da Turma no Questionário Final: Sexo Masculino	134
Gráfico 6 – Desempenho da Turma no Questionário Final: Sexo Feminino	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distância do planeta Terra em uma órbita Elíptica	51
Tabela 2 – Terceira lei de Kepler	54
Tabela 3 – Força gravitacional em função de R	67
Tabela 4 – Raio equatorial de alguns planetas	73
Tabela 5 – Aceleração da Gravidade nos seguintes planetas	75
Tabela 6 – Variação de g com a altitude, à latitude de 45°, nas proximidades da Terra.....	76
Tabela 7 – Resultados dos lançamentos dos foguetes	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
HFC	HFC História e Filosofia das Ciências
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
SD	Sequência Didática
SDI	Sequência Didática Interativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 A Curiosidade Humana e o Estudo do Espaço Sideral.....	15
1.2 Por que Ensinar Astronomia e Astronáutica	16
1.3 Ciências Espaciais e Aplicações	18
2 O ENSINO DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA	21
2.1 Os Documentos Norteadores e o Ensino de Astronomia e Astronáutica.....	21
2.1.1 Os PCNs no Ensino Fundamental e Ensino Médio	21
2.1.2 A Base Nacional Comum Curricular e os Conceitos de Astronomia e Astronáutica	24
2.1.3 O ensino de Astronomia em Espaços Formais e Informais.....	26
2.2 As Carências Enfrentadas no Processo de Ensino e Aprendizagem de Astronomia e Astronáutica.....	28
2.3 A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica	30
2.4 Levantamento de SD sobre o Astronomia e Astronáutica	33
3 TEORIA FÍSICA ABORDADA	36
3.1 Astronomia e os Modelos Planetários	37
3.1.1 Modelo Geocêntrico	38
3.1.2 Modelo Heliocêntrico.....	41
3.1.3 O modelo Misto de Tycho Brahe.....	44
3.2 Leis de Kepler e a Matemática das Elipses	48
3.3 Leis de Newton e a Gravitação Universal.....	55
3.4 Leis de Newton e Algumas Aplicações para a Astronomia.....	61
3.5 Gravitação Universal para Órbitas Circulares.....	63
3.5.1 A Terceira Lei de Kepler na Reformulação Newtoniana.....	68
3.5.2 Aplicação Calculando Massa do Sol Sistema Sol e Terra.....	70
3.5.3 A Terceira Lei de Kepler no Ensino Médio para Órbitas Circulares	70
3.6 O Módulo do Campo Gravitacional	71
3.6.1 Aceleração da Gravidade à Altitude h da Superfície da Terra	75
3.7 Astronáutica para Foguetes.....	76
3.8 Leis de Newton para o Lançamento Oblíquo.....	83
3.9 A Física nos Foguetes	88
3.9.1 A Física no foguete de Garrafa PET	91
4 TEORIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM.	94
4.1 Sequência Didática	94
4.1.1 As Etapas da Sequência Didática	95
4.1.2 O Papel do Professor em Propor uma Sequência Didática	96

4.2 A Teoria de Ensino e Aprendizagem de David Ausubel	97
4.2. 1 Organizadores Prévios.....	99
4.2.2 Tipos de Aprendizagem Significativa	100
5 METODOLOGIA DO TRABALHO.....	100
5.1. Metodologia da Pesquisa.....	100
5.1.1 A Coleta de Dados	101
5.2 O Local da Pesquisa.....	101
5.3 Os Sujeitos da Pesquisa.....	102
6 METODOLOGIA DO ENSINO	103
6.1. História e Filosofia das Ciências (HFC)	103
6.2. Stellarium.....	104
6.3 A Informática no Ensino de Física o Uso do <i>Excel</i>	105
6.4 A Experimentação nas Oficinas de Astronomia e Astronáutica.....	106
6.5 O Recurso Metodológico Figuras e Tirinhas.....	107
7 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	107
7.1 Descrição das Aulas.....	108
7.1.1 Aplicação do questionário inicial 25 de outubro de 2021	108
7.1.2 Aula 1	109
7.1.3 Aula 2.....	109
7.1.4 Aula 3.....	110
7.1.5 Aula 4.....	111
7.1.6 Aula 5.....	112
7.1.7 Aula 6.....	116
7.1.8 Aula 7.....	117
7.1.9 Aula 8.....	120
7.1.10 Aula 9.....	121
7.1.11 Aula 10.....	122
7.1.12 Aula 11	122
7.1.13 Aula 12.....	123
7.1.14 Aula 13.....	124
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	126
8.1 Questionário Inicial	126
8.1.2 Análise Qualitativa da Aplicação do Questionário.....	128
8.2 Questionário Final.....	131
8.2.1 Análise Qualitativa do Questionário Final.....	133
8.3. Desempenho dos Alunos na Sequência Didática.....	135
8.3. 1 A avaliação no Processo de Aplicação da SD	136

8.4. Dificuldades na Aplicação da Sequência Didática	137
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL	154

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Curiosidade Humana e o Estudo do Espaço Sideral

O homem sempre teve a curiosidade de estudar o universo, quando olhamos para o céu a noite, nos perguntamos: Por que àquela estrela brilha com maior intensidade de que àquela estrela? Por que a lua se movimenta? Será que existe algum planeta igual à Terra? Como será que o homem foi a lua? “Desejar conhecer o Universo é uma aspiração que o homem possui desde os primórdios da vida humana e da formação das Ciências” (FERREIRA, 2016, p.2).

A primeira aproximação dos alunos com as ideias de Astronomia e outros conceitos é nas aulas de ciências e geografia no Ensino Fundamental II. Os alunos são levados a obter respostas para estas perguntas acima no primeiro parágrafo, entretanto, estes conhecimentos por sua vez são levados de forma breve devido ao livro didático que não apresenta todos os conceitos que devem ser trabalhados no processo de ensino. A crítica aqui para o livro didático se refere a uma crítica construtiva, porém, este recurso é de fundamental importância para o docente.

Na Educação básica são os professores de Ciências e Geografia, no entanto, a grade curricular dos cursos de Licenciatura em Geografia, Ciência e áreas afins, muitas vezes contempla de forma tímida conteúdos de Astronomia (FERREIRA; MEGLHIORATTI, 2008, p.2).

Os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental quando são promovidos para o Ensino Médio se deparam com a ciência Física que precisa dos conceitos fundamentais das ciências: Química, Biologia e da Matemática e apesar disso para o entendimento da Física. Segundo (REIS, 2016), o ensino de ciências ainda se encontra inadequado ao aprendizado devido à falta de materiais de experimentos em sala de aula, a falta de motivação dos alunos em estudar ciências e a busca de um ensino mais significativo.

Diante desse cenário houve a necessidade de elaborar os seguintes objetivos geral: elaborar uma Sequência Didática que apresente conceitos de Astronomia e Astronáutica com ênfase nas leis de Newton; objetivos específicos: realizar uma pesquisa bibliográfica para a escrita da dissertação; diagnosticar quais são conhecimentos prévios e suas carências dos sujeitos da pesquisa em

relação as leis de Newton e conceitos de Astronomia e Astronáutica; aplicar a sequência didática de Astronomia e Astronáutica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio e verificar após a aplicação da sequência Didática se houve aprendizagem significativa.

1.2 Por que Ensinar Astronomia e Astronáutica

O estudo da Astronomia leva aos nossos alunos a procurar entender fenômenos naturais do meio em que vivemos como, por exemplo a queda dos corpos, a atração dos corpos celestes, as marés, a aceleração da gravidade (MARTINS, 2019) “[...] é da natureza humana tentar entender as propriedades que regem o mundo.”. Em se tratando do conhecimento de Astronomia (LIMA, 2018, p.33) “A própria história da Astronomia, bem como a sua relação com o homem, é de início uma grande justificativa para o seu ensino”.

O estudo da Astronáutica nos permite discutir como os foguetes, ônibus espaciais e sondas funcionam, quais os conceitos físicos de Astronáutica foram aplicados para que pudéssemos possuir satélites na órbita da Terra. Além disso saber como o homem foi à Lua.

Entretanto, para dar a volta ao redor da Terra, chegar à Lua, construir e fazer com que os satélites orbitem o nosso planeta, as viagens espaciais (para pouquíssimos), são alguns dos exemplos de conquistas que só puderam ser realizadas com o auxílio da Astronáutica e da Astronomia (FERREIRA, 2016, p.1)

De acordo com o PCN, (2002) o Ensino de Física, por exemplo, deve ser construído em eixos que são em alguns casos, abordados nas salas de aula, a saber: compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em processo histórico e social.

A Astronomia é uma ciência que desperta a curiosidade humana a reflexão e a indagação, será que os seres humanos sozinhos estão neste universo.

Astronomia é uma ciência capaz de atrair e despertar a atenção/curiosidade das pessoas desde o início de sua formação escolar, além de ser uma disciplina que abrange diversas áreas como a Matemática, a Geografia e, principalmente, a Física (COPCESK; et al, 2018, p.2)

Segundo (MARTINS, 2019) a Astronomia e a Astronáutica em sala de aulas são temas que possibilitam aos docentes a explorar outras maneiras de ensinar. Por meio da Astronomia pode-se desenvolver práticas de laboratórios que por sua vez são relevantes na construção de significados importantes para os estudantes. Em se tratando do processo de ensino e aprendizagem, a Astronomia é benéfica na Educação Básica nos aspectos do ensino ao realizar atividades de observação, estudos das constelações e do movimento dos planetas através de telescópios ou programas educacionais como o *Stellarium*. Destaco ainda a importância da astronomia na aprendizagem dos alunos pois através das atividades práticas de Astronomia e Astronáutica a aula de Física torna-se atraente e significativa muito além das aulas tradicionais que muitos alunos se sentem insatisfeitos com esta metodologia.

Na pesquisa de (LANGHI; NARDI, 2005.) realizou-se um levantamento em teses, dissertações, publicações em revistas, documentos de eventos entre outros sobre as principais justificativas que levam ao ensino de Astronomia e Astronáutica em síntese temos:

[...] para importância do ensino de temas de Astronomia na educação básica e na formação inicial e continuada de professores: ela contribui para uma visão de conhecimento científico enquanto processo de construção histórica e filosófica; representa um exemplo claro de que a ciência e a tecnologia não estão distantes da sociedade; desperta a curiosidade e a motivação nos alunos e nas pessoas em geral; potencializa um trabalho docente voltado para a elaboração e aplicação autônoma de atividades práticas contextualizadas, muitas destas sob a necessidade obrigatória de uma abordagem de execução tridimensional que contribua para a compreensão de determinados fenômenos celestes; implica em atividades de observação sistemática do céu a olho nu e com telescópios (alguns construídos pelos alunos e professores, desmistificando sua complexidade); conduz o habitante pensante do planeta Terra a reestruturações mentais que superam o intelectualismo e o conhecimento por ele mesmo, pois a compreensão das dimensões do universo em que vivemos proporciona o desenvolvimento de aspectos exclusivos da mente humana, tais como fascínio, admiração, curiosidade, contemplação e motivação; é altamente interdisciplinar; sua educação e popularização podem contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica, da cultura, da desmistificação, do tratamento pedagógico de concepções alternativas, da criticidade sobre notícias midiáticas sensacionalistas e de erros conceituais em livros didáticos; fornece subsídios para o desenvolvimento de um trabalho docente satisfatoriamente em conformidade com as sugestões dos documentos oficiais para a educação básica nacional, a partir da sua inserção na formação inicial e continuada de professores; possui potenciais de ensino e divulgação, ainda nacionalmente pouco explorados, nos âmbitos das comunidades de astrônomos profissionais e semiprofissionais

(amadores colaboradores com profissionais), bem como de estabelecimentos específicos onde estes atuam (observatórios, planetários e clubes de Astronomia. (LANGHI, NARDI, 2005, p.53.)

A Astronomia conforme (FONTANEL; MEGLHIORATTI, 2016) no ensino de ciências desenvolve várias habilidades devido a diversidade dos problemas estudados como o estudo dos modelos teóricos do funcionamento do Universo, atividades de observação, ordem de grandezas do tamanho dos planetas, atração e movimento dos corpos celestes.

Ao estudar Astronomia os alunos sempre se indagam com perguntas sobre a vida além da Terra, a verificação se existe outros planetas iguais a Terra, então, há uma relação entre o homem e o estudo dos astros que sempre é um assunto curioso pelos estudantes e pelos leigos da sociedade.

O ensino de Astronomia é importante principalmente para estabelecer uma relação entre o aluno e a dinâmica do Universo, conhecimentos essenciais como os modelos de evolução cósmica, os movimentos da Terra e de outros astros, a estrutura das estrelas, a comparação entre os planetas do sistema solar, a possibilidade de detecção de outros planetas em outros sistemas estelares, além de outros assuntos (DIAS; SANTA RITA, 2008 , p.61)

Em síntese podemos destacar que o estudo da Astronomia e Astronáutica é relevante para o ensino de Física pois através dessas ciências é possível estudar alguns fenômenos como: as marés, os eclipses e saber o motivo pelo qual os asteróides não caem na Terra, além disso podemos entender como os satélites de comunicação funcionam esses fenômenos acima citados e demais curiosidade são estudadas em Astronomia e Astronáutica.

1.3 Ciências Espaciais e Aplicações

A palavra Astronomia segundo o dicionário eletrônico DICIO (2021) significa “Ciência que estuda o Universo, espaço sideral, e os corpos celestes, buscando analisar e explicar sua origem, seu movimento, sua constituição, seu tamanho etc.” Para (MANFRIN,2019) essa palavra tem origem grega sendo formada pelas palavras “astro “no qual significa estrela “nomos” significa lei.

A Astronomia e a Astronáutica são ciências que estão relacionadas com as necessidades de comunicação e navegação, porém essas ciências foram

atualizadas conforme a evolução dos estudos. Percebe-se que há várias aplicações no nosso cotidiano.

Quem usa GPS, wi-fi, telefone celular e já fez mamografia pode não se dar conta de que tudo foi desenvolvido ou aprimorado pela astronomia. Hoje, milhares de satélites orbitam a Terra nos possibilitando realizar ligações telefônicas, assistir a nossos programas na TV e chegar a nossos destinos com o sistema de GPS. (MELLO; PONTE, 2020, p.4).

Hoje no mundo em que vivemos há satélites que orbitam em torno da Terra fornecendo os sinais de telefonia, sinais de TV a Cabo e sinais de localização como o GPS, para que estes sinais sejam fornecidos para a humanidade é necessário saber como inserir um satélite em órbita e como movimentá-lo, assim este conhecimento é oriundo da Astronomia e Astronáutica conhecido pelos Astrônomos que são profissionais de fundamental importância pois são eles responsáveis por estudar as órbitas de grandes corpos como asteroides e cometas próximos da órbita da Terra.

Conforme (TORRES; GNIPPER, 2014), as tecnologias espaciais existentes hoje são consequências da exploração espacial no período da guerra Fria. No entanto, essas tecnologias são usadas em benefício para a sociedade contemporânea como exemplos de tecnologias usadas que foram inventadas com a intenção de explorar o espaço citamos:

Velcro; celulares (via pesquisas em semicondutores, processos de miniaturização, polímeros ligas e filmes metálicos); câmeras fotográficas; computadores; comida congelada/desidratada; forno de micro-ondas; freezer; Cryocooler; satélites meteorológicos; satélites de monitoramento para uso agrícola; tênis de corrida; espuma para travesseiros; pneus mais seguros para veículos (MEDEIROS, 2021, p.7)

Em se tratando de aplicação na Tecnologia (BRITO; CORTESI, 2021) expõe que a Astronomia se relaciona com as ciências através da construção de Telescópios, satélites e foguetes além disso há aplicações no processamento de dados através dos computadores que operam os instrumentos artificiais que orbitam a Terra.

O advento do avanço das tecnologias tornou possível a missão da humanidade se aproximar, com o auxílio dos satélites artificiais, de vários corpos celestes que vagam pelo espaço. Além disso, tornou possível levar o homem a pisar na Lua, um feito histórico ocorrido na segunda metade do século XX (PEREIRA, 2021, p.51).

A Astronáutica tem como propósito utilizar os conhecimentos de Astronomia e outras ciências afins para realizar viagens espaciais através de veículos transportados ou não por viajantes. Estes veículos são os ônibus espaciais que são capazes de explorar outros planetas, lançar satélites de comunicação e localização global (GPS), assim como levar os astronautas e cargas as estações espaciais (PEREIRA, 2021).

A Astronomia como ciência antiga surgiu da necessidade do homem em saber medir o tempo através dos astros, localização por meio dos astros, referência para o tempo de plantar e colher e a capacidade de entender os astros por meio do estudo. A Astronáutica é uma ciência de nosso tempo moderno que tem o objetivo não só de saber o movimento dos astros, mais de explorá-los coletando dados sobre cada planeta do sistema Solar.

Esta dissertação apresenta na sua introdução o motivo de ensinar Astronomia e Astronáutica na educação básica, no capítulo seguinte passo a discutir quais os documentos que promovem o ensino dessas ciências. No terceiro capítulo explano a teoria Física explorada no produto educacional. Descrevo no quarto capítulo a teoria de Ensino e Aprendizagem usada na construção e aplicação da Sequência Didática. O quinto capítulo mostro a metodologia usada para a coleta e análise dos dados. Procuro no sexto capítulo justificar os recursos metodologias que foram usados para a produção e aplicação do produto educacional. O relato da aplicação do produto se encontra no sétimo capítulo e no oitavo capítulo procuro analisar os dados da aplicação do produto educacional e por fim finalizo com as considerações finais.

2 O ENSINO DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

2.1 Os Documentos Norteadores e o Ensino de Astronomia e Astronáutica

A escola como instituição de ensino tem como objetivo ampliar as habilidades e competências dos alunos, verificando seus conhecimentos prévios oriundos da vivência de mundo. Nesta expectativa é fundamental que a escola em sua grade curricular aborde conteúdos de ciências espaciais.

Para (LEÃO; TEIXEIRA, 2020, p.119) “caberia à escola a difusão dos conceitos relacionados à área de astronomia, o que não anula o conjunto de crenças e percepções que permeiam o imaginário das pessoas desde a primeira infância”.

Este tópico pretende discutir os documentos nacionais que servem como referência para o ensino de Astronomia e Astronáutica nas escolas vamos inicialmente discutir sobre as orientações dos parâmetros curriculares e logo após discutiremos as habilidades e competências da Base Nacional Comum Curricular.

2.1.1 Os PCNs no Ensino Fundamental e Ensino Médio

Os parâmetros curriculares são documentos normativos que orientam as instituições de ensino e os docentes de ciências a elaborar suas propostas institucionais e suas aulas. De certo modo o objetivo dos PCNs é propor a padronização das propostas pedagógicas nas Escolas de todo Brasil, essas propostas devem conter os eixos que estão incluídos nos PCNs sendo estes: Terra e Universo, Vida e Ambiente, Ser Humano e Saúde, Tecnologia e Sociedade.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais são dirigidos aos educadores que têm como objetivo aprofundar a prática pedagógica de Ciências Naturais na escola fundamental, contribuindo para o planejamento de seu trabalho e para o projeto pedagógico da sua equipe escolar e do sistema de ensino do qual faz parte (BRASIL, 1998, p.15).

O eixo Terra e Universo somente são estudados no 3º ciclo constituído pelos anos do 6º e 7º ano e 4º ciclo nos anos do 8º e 9º ano na disciplina de ciências. Neste eixo Terra e Universo conforme (GOMES, 2019), o PCN de

ciências sugere outros subtemas que podem ser trabalhados nestes dois ciclos conforme o quadro abaixo.

Quadro 1 – PCN Ensino Fundamental

CICLO	SERIE CORRESPONDENTE e Ciclo	CONTEÚDOS SUGERIDOS
3º Ciclo	3º Ciclo 6ºAno E 7ºAno	Duração dos dias e Noites; Nascimento e o acaso do sol, lua e estrelas, reconhecer a natureza cíclica; Calendário; Concepções de Universo (informação de Cometas, planetas e satélites do sistema solar e outros); Constituição da Terra e condições para existência de vida; Conhecimentos dos povos antigos para explicar os fenômenos celestes.
4º Ciclo	8ºAno E 9ºAno	Identificação do céu de estrelas, constelações e planetas do hemisfério sul. Compreendendo que estes astros estão a certa distância de nós; Atração Gravitacional, Marés e orbitas; Estações do Ano, fases da Lua e Eclipse: Observação e Modelo explicativo; Modelos heliocêntricos e geocêntricos;

Fonte: Brasil, 1998.

Os Parâmetros Curriculares (PCNs+, 2006) do Ensino Médio no componente curricular de Física é formado por habilidades e competências voltadas a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, à utilização da linguagem física e de sua comunicação e a contextualização histórico e social desta disciplina no mundo em que vivemos.

Os conceitos de Astronomia e Astronáutica no PCN+ no Ensino Médio na Física está estruturado no estudo do Tema Estruturador: Universo, Terra e Vida configurado em unidades conforme o quadro 2. Essa unidade tem como objetivo discutir com os alunos sobre a origem do universo, modelos explicativos com as teorias do geocentrismo e heliocentrismo, a corrida espacial, as notícias da mídia sobre vida fora da Terra e descobertas do telescópio.

Quadro 2 – PCN+ Ensino Médio Física

TEMA ESTRUTURADOR: UNIVERSO, TERRA E VIDA	
UNIDADES	OBJETIVOS
TERRA E SISTEMA SOLAR	<p>Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia/noite, estações do ano, fases da lua, eclipses etc.);</p> <p>Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.</p>
O UNIVERSO E SUA ORIGEM	<p>Conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados, no sentido de ampliar sua visão de mundo;</p> <p>Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra;</p>
COMPREENSÃO HUMANA DO UNIVERSO	<p>Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações;</p> <p>Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações), através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual;</p> <p>Identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa</p>

Fonte: Brasil, 2006.

A inserção desses objetivos no ensino de Física com o tema Terra, Universo e Vida nos mostra que os alunos devem adquirir as habilidades e competências, entretanto, deve ser observado que essas habilidades e competências, porém não são destinadas ao treinamento para provas e vestibulares mais sim para o desenvolvimento da cidadania.

2.1.2 A Base Nacional Comum Curricular e os Conceitos de Astronomia e Astronáutica

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que orienta as instituições do Brasil a elaborem seus currículos conforme conjuntos de aprendizagens essenciais constituídos de competências e habilidades.

A BNCC define competências como “mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BNCC, 2017, p. 8).

Os conceitos de Astronomia na BNCC se encontram em todas as etapas da Educação Básica desde das Etapas do Ensino Fundamental até o Ensino Médio. É na Base Nacional Comum Curricular que a unidade temática Terra e Universo se destaca sendo trabalhado deste do 1º ano do Ensino Fundamental.

De acordo com este argumento (CARVALHO, 2020) a astronomia passou a ser inserida nos eixos sendo trabalhada em todas as séries da Educação Básica aparecendo, portanto, desde o 1º ano do Ensino Fundamental.

Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. (BNCC, 2017, p. 323).

A partir do 1º ano do Ensino Fundamental ao 9º ano do Ensino Fundamental e no Ensino Médio os conceitos do estudo da Terra e do Universo são detalhados em objetos de conhecimento e habilidades na BNCC. Segundo (CARVALHO, 2020) a BNCC diferentemente dos PCNs propõe trabalhar os conceitos de Terra e Universo a partir do 1º ano do Ensino Fundamental, pois, no PCN de ciências a temática era proposta a se trabalhar no 3º Ciclo e 4º Ciclo. A Base Nacional Comum Curricular no Ensino Médio tem como propósito ampliar os conceitos adquiridos em ciências integrada as disciplinas de Física, Biologia e Química.

Comparando os PCNs que ainda estão em vigor e a BNCC do Ensino Fundamental aprovada no final de 2017, e que será implementada em breve nas escolas, observou-se que no primeiro, o ensino de Astronomia é contemplado a partir do sexto ano do Ensino Fundamental, ao passo que, no segundo esse tema está presente em todos os anos do Ensino Fundamental. Isto mostra que a BNCC orienta para um ensino mais gradual e amplo, possibilitando que o estudante construa seu conhecimento respeitando as suas habilidades de acordo com sua faixa etária. Além disso, a organização da Unidade temática “Terra e Universo” da BNCC, se aproxima significativamente dos interesses dos estudantes participantes desta pesquisa, como por exemplo, o assunto “Vida fora da Terra (REIS; LUDKE, 2019. p. 164)

O quadro abaixo nos mostra as habilidades e competências do 9º Ano do Ensino fundamental.

Quadro 3 – Habilidades e Competências da BNCC do 9º Ano

9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL EIXO: TERRA E UNIVERSO	
Objeto de Conhecimento	Habilidades TO
Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar	(EF09C114). Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões). (EF09C115) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.). (EF09C116). Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares. (EF09C117). Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Fonte: BNCC, 2017.

Os conceitos de Astronomia e Astronáutica no Ensino Médio são trabalhados na competência 2 que nos diz o seguinte: “Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos [...].” (BNCC, 2018, p. 542). Assim espera-se que os alunos do Ensino Médio possam analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

Podemos dizer que o eixo Terra e Universo no Ensino Fundamental e Terra, Universo e vida no Ensino Médio são trabalhados levando em considerações os conhecimentos prévios dos alunos, isso nos mostra que os conceitos adquiridos do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental servem de base para novos conceitos no Ensino Médio. Isso acontece porque a BNCC respeita as etapas da Educação Básica inserindo novos conteúdos serem estudados ao longo da aprovação do aprendiz para uma nova série.

2.1. 3 O ensino de Astronomia em Espaços Formais e Informais

No processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Astronomia, o professor tende a planejar suas aulas com os conceitos iniciais, experimentos e por sua vez até com o auxílio de *softwares* educativos. Porém, essa aula planejada não supri as necessidades dos estudantes, pois é necessário envolver os alunos em outras atividades que possam favorecê-los a formar sua estrutura cognitiva com base na alfabetização científica. Essas atividades são as observações de astros através de telescópios, oficinas práticas de Astronomia e Astronáutica. Por sua vez essas atividades exigem esforço do docente na preparação de suas aulas, entretanto, essas atividades podem ser trabalhadas nos ambientes formais e informais; A partir das próximas linhas pretende-se conceituar o que são estes espaços formais, informais e seu ensino voltado à Astronomia.

O ensino formal de Astronomia conforme (LANGHI, NARDI, R. 2009) acontece nas instituições de ensino constituídas de estrutura própria. Este planejamento de ensino tem como característica principal ser trabalhado em sala de aula com os alunos por meio do livro didático.

No entanto (LIMA, 2018) esclarece que nas escolas a Astronomia não é trabalhada assim, uma vez que os alunos apresentam carências sobre conceitos voltados a Astronomia. Em relação ao ensino de Astronomia nas escolas deve-se entender a importância dos conteúdos de Astronomia para a humanidade trabalhando em conjunto com as outras disciplinas promovendo a interdisciplinaridade entre as ciências.

Os espaços não formais são aqueles que divulgam a ciência Astronomia como Museus, planetários, centros de ciências (LIMA, 2018): Estes espaços exercem uma função importante para a popularização da ciência e para o

processo de ensino de Astronomia e Astronáutica. ” No Brasil, os espaços não formais de ensino têm contribuído há décadas com a formação integral do cidadão, inclusive com a abordagem da Astronomia” (COSTA, et al, 2018). Para o ensino através dos planetários, ou observatórios é possível observar os Astros nos museus; Os alunos ao fazer visita técnica ficam estimulados em conhecer sobre a história das ciências.

O uso de outros locais de aprendizado, como os observatórios, planetários, museus e centros de Ciências, pode fazer com que o público geral compreenda conceitos importantes da ciência que estuda o céu. Além disso, as instituições de ensino também podem se beneficiar destes ambientes, através de visitas escolares, atividades diversificadas de observação do céu (MORAES; SILVEIRA, 2020, p.192)

O Ensino de Astronomia no espaço informal de acordo com os autores (MORAES; SILVEIRA, 2020) e (OLIVEIRA, 2020) são as notícias da mídia sobre o tema, as conversas entre as pessoas e as leituras em jornais e revistas sobre o tema. É possível observar que a popularização da Astronomia está em nosso cotidiano com as notícias nos jornais e na rede mundial de computadores (internet). Para o aprendizado do Aluno é um conhecimento a mais e o professor deve coletar este conhecimento nos jornais e revistas e realizar sua transposição didática.

O apoio à utilização pedagógica dos espaços não formais e à educação informal atua diretamente no desenvolvimento da cultura científica, momento em que os alunos utilizam, como assunto para os diálogos e as trocas, a ciência aprendida na escola (OLIVEIRA, 2020, pg.154).

A escola tem um papel fundamental no processo de alfabetização científica, principalmente nos conceitos de Astronomia (LIMA, 2018). Além disso é na escola que há a socialização dos conteúdos e atividades sejam elas socioeducativas ou experimentais.

A escola, enquanto espaço de desenvolvimento e aprendizagem, envolve todas as experiências contempladas no processo de educar, considerando tudo como significativo: aspectos culturais, cognitivos, afetivos, sociais e históricos. (PEREIRA, CARLOTO, 2016, pg.6).

Contudo, as instituições de ensino em parceria com os espaços formais podem realizar uma interação entre os espaços promovendo a alfabetização

científica (SILVA; CARVALHO, 2017, p.3). “a alfabetização científica se relaciona ao domínio da nomenclatura científica e compreensão de termos e conceitos científicos “Em destaque podemos citar que a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) tem como objetivo não só de verificar os talentos dos alunos em Astronomia mais sim proliferar o conhecimento Astronômico nas escolas (SOBRINHO; SANTOS, 2018). O professor como facilitador do conhecimento na escola deve promover a discussão dos conceitos de Astronomia e Astronáutica, porém ainda existem cidades que não possuem espaços não formais de ensino de astronomia e telescópios. Logo o professor poderá utilizar *softwares* de localização dos planetários, por exemplo, o Stellarium que simplesmente é um planetário virtual.

2.2 As Carências Enfrentadas no Processo de Ensino e Aprendizagem de Astronomia e Astronáutica

De acordo com os autores (LANGHI, NARDI, 2005.), (FERREIRA, 2016) e (LIMA, 2018) apontam que a Má formação do docente, formação continuada insuficiente ou ausente, material didático de qualidade bastante escassos e livros didáticos são os componentes que propiciam um ensino insuficiente nos conceitos de astronomia.

Os docentes no processo de ensino e aprendizagem são sujeitos que interligam o conhecimento científico aos alunos em suas práticas pedagógicas e para que o professor possa realizar a sua transposição didática de qualquer conteúdo é necessário que tenha domínio deste, porém uma, das carências existentes no ensino de Astronomia é a falta de formação nesta área de estudo. Assim, o professor se aventura em ensinar Astronomia sem ter uma formação sólida se apoiando em livros que por sua vez apresentam erros conceituais.

As diversas dificuldades enfrentadas pelos professores no momento de trabalhar os conteúdos de Astronomia, é a falta de uma formação sólida acadêmica (SANTOS, 2013.p6).

Os primeiros conceitos de Astronomia no Ensino Fundamental II são trabalhados por meio de professores que são formados em geografia e ciências. Nesse momento a única formação do docente é de graduação, assim quando se

trabalha em sala de aula há uma insegurança em trabalhar os conceitos de Astronomia. (LIMA, 2018, p.37) “os professores de Ciências, na grande maioria, sentem-se inseguros para abordar temas relacionados a Astronomia, por não possuírem uma base conceitual e metodológica”. Segundo (FERREIRA, 2016), a falta de uma formação sólida no docente proporciona um ensino fragilizado em conceitos de Astronomia então o professor não consegue ver os erros conceituais nos livros usados como recurso pedagógico.

No entanto, no Brasil e no mundo, há diversas dificuldades com o ensino desse conteúdo, mesmo entre os profissionais da educação básica, que muitas vezes, são conduzidos erroneamente pelos livros, pois, sequer possuem uma formação adequada (PINTO, et al, 2018, p.65).

Não se deve inserir somente culpa na carente formação do docente há ainda outros problemas que tornam o ensino insuficiente em Astronomia. O quadro abaixo da Pesquisa de (LANGHI, NARDI, 2005, p.88) expõe essas dificuldades.

Um dos motivos no qual o docente não discute astronomia em suas aulas é a falta de motivação em preparar uma aula que aborde os conceitos sem erros conceituais assim os professores procuram uma metodologia suficiente para superar as dificuldades conceituais. Apesar dos livros didáticos de geografia, ciências e de Física serem ferramentas úteis para o ensino de Astronomia e Astronáutica estes, porém ainda não conseguem abranger todos os conceitos de Astronomia e Astronáutica ou por sua vez apresentam erros em suas conceituações. Assim confirma (TREVISAN; BALESTRA, 2019, p. 5)

Essas dificuldades conceituais dos professores podem ser ressaltadas pela utilização de livros didáticos que apresentam conceitos errôneos, ainda mais que, muitas vezes, são exclusivamente utilizados para o planejamento das aulas

Assim, o docente sente-se preso somente nos livros didáticos e não realiza uma pesquisa em sites confiáveis sobre o tema ou então nunca em sua vida acadêmica obteve algum contato com o estudo da Astronomia em observações e visitas de observatórios entre outros.

Quadro 4 – Dificuldades segundo os professores

Metodologia	<p>Acreditam que conteúdos de Astronomia fazem parte de uma realidade distante do „mundo “dos alunos e do nosso também. Faltam ideias e sugestões para um ensino contextualizado de Astronomia. Encontram dificuldades implícitas ao próprio tema. Alguns conceitos são difíceis de entender e de explicar. Conteúdos de Astronomia em livros didáticos e o tempo dedicado a eles durante a programação escolar são reduzidos para se trabalhar adequadamente.</p>
Infraestrutura	<p>Falta de acesso a outras fontes rápidas de consulta, tais como a internet, ou demais fontes bibliográficas paradidáticas. Dificuldades em realizar visitas e excursões a observatórios, planetários ou estabelecer contatos com associações de astrônomos amadores regionais. Escassez de tempo para pesquisas adicionais sobre temas astronômicos</p>
Fontes	<p>Confiança nos livros didáticos é quebrada ao serem expostos seus erros conceituais de Astronomia. Quantidade reduzida de literatura com linguagem acessível que trata de fundamentos de Astronomia e métodos de ensino para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Não se encontram critérios quanto à seleção confiável de publicações paradidáticas e de páginas eletrônicas na internet. Tempo desperdiçado durante a procura não direcionada de outras fontes informais de ensino: outros livros didáticos, livros paradidáticos, revistas, jornais, internet, filmes, programas de TV, palestras locais, outros professores, institutos do setor, e astrônomos.</p>
Pessoal	<p>Insegurança e temor pessoal com relação ao tema. Dificuldades em realizar a separação entre mitos populares (como a Astrologia e horóscopos) e o conhecimento científico em Astronomia.</p>
Formação	<p>Falta de cursos de aperfeiçoamento/capacitação na área (formação continuada). Primeiro contato com a Astronomia apenas no início de sua carreira como professor. Dificuldades em responder perguntas de alguns alunos sobre fenômenos astronômicos geralmente divulgados na mídia, devido a falhas durante a formação inicial.</p>

Fonte: Langhi e Nardi (2005, p. 88)

2.3 A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

A OBA é uma prova voltada a tópicos de Astronomia e Astronáutica desenvolvidas nas Escolas do Brasil. Para participar a escola deve-se escrever no site oficial dessa Olimpíada. No período de inscrição nota-se que cada escola há um professor representante e colaboradores que são responsáveis por aplicar a prova na instituição de ensino.

Os organizadores da prova classificam os alunos em quatro níveis onde o nível 1 são os alunos do 1ºano e 3ºano, nível 2 alunos do 4º ano e 5º ano do

ensino Fundamental, nível 3 alunos do 6º ano ao 9º ano do ensino fundamental e por fim o nível 4 alunos do Ensino Médio.

Segundo (SOBRINHO; SANTOS, 2018, pg 4) “A OBA consegue alcançar uma maior gama de alunos e explora a educação astronômica em diversos estágios do ensino básico popularizando essa ciência” A prova da OBA abrange conteúdos de geografia, história, física e algumas aplicações de Matemática nas questões de astronáutica.

A OBA se coloca como auxiliar na aprendizagem da Astronomia, mas os recursos para o trabalho com tais temas não estão restritos a ela. Outras possibilidades para o ensino de ciências e, especificamente o estudo da Astronomia, são os experimentos e a observação direta do céu (MARGARETH; STRIEDE.2016, pg. 5.).

A OBA é importante para os alunos pois envolve uma preparação para a prova e o resultado de notas dentro de intervalo corte, onde nesta Olimpíada gera Medalhas de ouro e prata e bronze, e além de brindes. (CANALLE, 2014, p.445) defende que a “OBA tem contribuído para o sucesso de muitos alunos, pois muitos dos seus medalhistas recebem convites para cursarem, com bolsas parciais ou integrais, o ensino médio em *exce*lentes colégios particulares. ” As Olimpíadas Científicas são importantes na escola, pois se espera que estas possam estimular a competição entre os alunos na busca de medalhas e além disso a aprendizagem científica.

De acordo com (CANALLE, 2014); a OBA teve início em 1998 a partir dos trabalhos de Daniel Fonseca Lavouras que neste ano ministrava aula de Física no sistema de ensino do Pará. Então com o apoio da Universidade do Estado do Pará (UEPA) e com a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), a construção da OBA surgiu da necessidade de construir um sistema de seleção no qual os representantes do Brasil, ou seja, alunos selecionados poderiam participar da III Olimpíada Internacional de Astronomia (IAO) realizada na Rússia em 1998. De acordo com (LAVOURAS, 1998) explica que:

A ideia de realizar uma Olimpíada de Astronomia nasceu da conjunção do interesse pelo desenvolvimento da ciência, com a oportunidade de trazer para o Brasil um evento científico-educacional, consolidado internacionalmente. A UNESCO assina as Olimpíadas Internacionais de Ciências para ensino médio em Astronomia, Matemática, Biologia, Física, Química e Informática.

A primeira edição da OBA aconteceu em 22 de agosto de 1998 simultaneamente em todos os estados do Brasil. Para (CANALLE, 2014, p.421), a OBA naquele momento tinha como objetivo “ ser um recurso pedagógico, um instrumento que, muito mais que premiar os melhores estudantes, atingisse objetivo de cativar o interesse dos jovens pela ciência”. Conforme as provas foram aplicadas em todo Brasil foi possível selecionar uma equipe composta por dois alunos de São José dos Campos, dois alunos de Belém do Pará e um aluno de Castanhal também do Pará. A equipe deve como segundo líder o professor Daniel Lavouras que representou o Brasil na I OBA sediada na Rússia em 1998. Nessa olimpíada um aluno se destacou com a medalha de bronze.

A partir dos resultados III IAO a SAB (Sociedade Brasileira Astronômica) decidiu organizar a II OBA em 1999 já definindo os níveis da prova onde o Nível 1 corresponde aos alunos do 1º ano ao 5º ano; Nível 2 alunos do 6º ano ao 9º ano e Nível 3: Alunos do Ensino Médio. Com as dificuldades de divulgação foram criados os coordenadores regionais com a apoio da SAB, museus de astronomia, astrônomos amadores e ex-alunos de cursos de Astronomia no qual somaram 430 representantes regionais. A II OBA contou com a participação de 15481 alunos de 597 instituições de ensino distribuídos em 22 estados do Brasil e inclusive o DF (Distrito Federal).

A OBA se tornou um evento anual a partir de 1998 deste ano até os dias atuais. Os professores coordenadores e seus colaboradores, realizam um treinamento com seus alunos dos conteúdos que são cobrados na prova.

A consolidação da OBA se concretizou ano após ano, criando possibilidades para que professores e estudantes apresentassem motivação ao estudo da Astronomia e estimulando os alunos no aprofundamento dos temas relacionados ao conhecimento do Universo (FERREIRA, 2016, p.7).

Em 2005 inclui-se na prova temas de Astronáutica a fim de propor aos alunos questões e conhecimentos ligados a funcionamento de foguetes, satélites entre outros temas. “A inserção da Astronáutica na Olimpíada está associada ao fato de que as duas áreas estão conectadas, pois os avanços na Astronomia são consequências dos progressos da Astronáutica” (SOBRINHO, et al, 2018, p.4). As questões de Astronáutica são aplicações da ciência no cotidiano dos alunos. (CANALLE, et. al, 2019) informa que a OBA não é uma simples olimpíada, na

verdade influencia as escolas em realizar eventos de divulgação de astronomia e estimula a construção de planetários, clubes de astronomia e estudantes a se preparar para a OBA.

Nos últimos anos de 2020 e 2021 a prova da OBA se realizou em duas modalidades sendo elas presencial na escola e virtual devido à crise de saúde planetária

2.4 Levantamento de SD sobre o Astronomia e Astronáutica

Existem vários trabalhos sobre sequências didáticas no ensino de Astronomia e Astronáutica, porém os trabalhos que ganharam destaque em minhas observações foram das seguintes autorias: (VASCONCELOS, 2020), (DAMASCENO, 2019), (ROSSETO, 2019), (CESTARI, 2018), (GOMES, 2018), (CARBONI, 2016) e (FERREIRA, 2016). A partir deste momento vamos descrever algumas características das pesquisas realizadas por estes autores.

O trabalho de (VASCONCELOS, 2020) abrange, conteúdos de Astronomia como sistema solar eclipses e ordem de grandezas. O autor aplicou seu trabalho em alunos da Cidade Mossoró no Rio Grande do Norte, sua sequência didática baseou-se em 5 oficinas voltadas ao tema, a teoria de ensino e aprendizagem foi a de David Ausubel foi possível notar que neste trabalho o autor em seu produto educacional usa redações com tema pesquisado para verificar os conhecimentos prévios no início das atividades e no final das atividades, isso serviu para a verificação de conhecimentos prévios e se houve uma mudança conceitual ao aplicar todas as etapas de sua sequência didática dessa forma o resultado desta pesquisa.

A dissertação de (ROSSETTO, 2019) expõe conteúdo sobre o sistema solar e modelos planetários: geocentrismo e heliocentrismo, classificação de planetas, planetas anões, constelações equatoriais e austrais. A autora usa em suas etapas de sua sequência didática a teoria de aprendizagem significativa. O seu produto educacional contém 8 aulas com 10 atividades aplicadas a três turmas de 1º ano do Ensino Médio da cidade Medianeira do estado do Paraná. É interessante notar que (ROSSETTO, 2019) usa como metodologia a utilização de maquetes, vídeos, aplicativos em celulares e um jogo denominado baralhos cósmicos. Essa autora enfatiza que sua sequência didática usa conceitos

fundamentais de Astronomia aos alunos, as atividades foram fundamentais para os alunos conhecer melhor as temáticas: Astros e ao Univers.

A pesquisa de (CESTARI, 2018) aborda conceitos de Astronomia e Astrofísica com 40 alunos do 1º ano do Ensino Médio da cidade de Gravataí-RS. Seu produto educacional contém 5 aulas baseadas da teoria de aprendizagem significativa. O método usado está relacionado ao ensino sob medida. A verificação da aprendizagem dos estudantes se realizou por meio de testes conceituais, questionários de opinião abertos. Notou-se neste trabalho que há atividades realizadas com maior ênfase em Astrofísica.

Analisando o Trabalho de (GOMES, 2019) é possível verificar que o autor usa como referência as atividades da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) em seu produto educacional que contém 6 etapas em 7 sete aulas. A atividade inicial tem como referência um questionário aberto sobre a origem do Universo. Seu trabalho contém assuntos sobre força gravitacional e campo gravitacional. Na verdade (GOMES, 2019) treinava alunos da última etapa do ensino fundamental para a OBA.

O autor (DAMASCENO, 2016) mostra em sua dissertação várias atividades relacionadas ao tema de Astronomia como: eclipses e raios equatoriais. A ênfase para este autor seria o estudo das órbitas dos planetas do sistema solar como recurso tecnológico. O autor usa os programas Stellarium para a visualização e para simulações o *software Celestia*. Seu produto educacional contém mais de 10 aulas pois seu trabalho é a criação e aplicação de um clube de Astronomia aberto para turmas do Ensino Médio na cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul. Sua teoria de Aprendizagem de sua pesquisa é baseada na teoria da Mediação de Vygotsky e aprendizagem de ciências; além disso (DAMASCENO, 2016) enfatiza em seu produto educacional que as atividades servem para contextualizar a disciplina com o cotidiano dos alunos. Como resultado dessa contextualização houve a formação de significados para os sujeitos da pesquisa.

Um dos trabalhos analisados que promove uma oficina de Astronáutica é produto educacional elaborado por (FERREIRA, 2016) em sua pesquisa aplicada na cidade Feira de Santana na Bahia com 150 alunos. No desenvolvimento do seu trabalho o autor abordou conceitos de movimento oblíquo e leis de Newton e por fim usou a teoria de aprendizagem significativa.

Os questionários usados são questões abertas sobre a origem do Universo, o reconhecimento se os educandos sabem fazer modelos da Terra e do Sol se reconhecem qual o aparelho que se observa os astros, as fases da lua e qual o princípio de funcionamento de foguete. Segundo (FERREIRA, 2016) a oficina promovida motivou os alunos e promoveu maior interação dos alunos nas aulas de Física.

Por fim temos o trabalho de (CARBONI, 2016) desenvolveu um produto educacional voltado aos seguintes temas: sistema solar, gravitação, leis de Kepler, eclipses, Marés, evolução estelar, sequência principal e asteroides. O público alvo foram os educandos do 1º ano do Ensino Médio e alunos do 9º ano do ensino fundamental da cidade de Sorocaba do interior de São Paulo. A metodologia usada foram histórias das ciências, experimentação, tecnologia como uso do cinema e simuladores, resolução de problemas de lápis e papel, teatro e literatura. Na sua dissertação é possível observar que o autor desenvolveu várias atividades com seus alunos uma delas é o desenvolvimento de um meteoro caseiro com pequenas dimensões comparadas ao que estão espalhados pelo nosso Universo. A verificação da aprendizagem assimilada foi realizada por meio de relatórios descritos pelos alunos.

As dissertações analisadas e seus produtos educacionais mostram a busca de novas metodologias de melhorar o processo de ensino e aprendizagem por meio de um planejamento detalhado que é a sequência didática. Acrescento que ao observar as pesquisas destes autores notamos que as atividades implantadas proporcionaram a seus públicos uma mudança conceitual sobre a temática, alcançando, assim, o objetivo, desejado que é o aprendizado da ciência Astronomia.

3 TEORIA FÍSICA ABORDADA

Este capítulo apresenta uma abordagem histórica, mostrando alguns momentos importantes que justificam a construção dos modelos teóricos do Sistema Solar e das leis físicas de Kepler e Newton; Saber como o conhecimento científico desenvolveu-se é fundamental para entender os fatores históricos (SILVA, 2006).

A História e Filosofia das Ciências (HFC) é uma ferramenta útil para a introdução de um tema de Física (CARBONI, 2016). A (HFC) é uma base para a um debate sobre a construção do conhecimento científico assim o processo de ensino e aprendizagem se torna-se mais compreensível.

Os livros acadêmicos apresentam as equações como se fossem um objeto, é preciso saber que as expressões apresentadas são resultados de uma teoria que se gerou através de outros estudiosos da ciência. A inserção da História e Filosofia das Ciências no ensino promove “o estudo mais adequado de equações relacionadas a conceitos e teorias que, em algumas ocasiões, vêm se mostrar sem significação aos estudantes” (ATAIDE; CRUZ, 2011. p.178).

Segundo (SILVA, 2006) a HFC no ensino pode ser uma metodologia que visa completar as aulas tradicionais favorecendo a relação entre a história, conhecimento científico e tecnologia. A estratégia de inserir a HFC no ensino é vista como fonte para inserir uma cultura nos alunos, a diferenciação do método científico para o senso comum e a verificação da transformação do conhecimento ao longo da história.

[...], mas sua inserção se mostra como um recurso útil de diversas maneiras: incrementa a cultura geral dos alunos; desmistifica o método científico; mostra como o pensamento científico se modifica ao longo do tempo; chama a atenção para a importância das ideias metafísicas e contribui para o entendimento da relação da ciência com a cultura, sociedade e tecnologia (DAMASIO; PEDUZZI, 2017, pg.11).

De acordo com (MOURA, 2014) para entender a teoria física abordada é preciso esclarecer que a ciência sofre influência dos aspectos culturais e políticos vividos pelo cientista; como, por exemplo a construção dos modelos planetários. O uso da HFC desenvolve nos alunos o pensamento individual das

ideias científicas auxiliando os docentes a compreender as dificuldades dos alunos no processo de mudança conceitual (VANNUCCHI, 1996).

Os autores que ganham destaque na fundamentação teórica destes capítulos são: (BRENNAN, 2000) (BOCZKO, 1984), (CARAVIELLO, 2021), (KEPLER; SOUZA, 2004), (NOGUEIRA; CANALLE, 2009) e (PIRES, 2011). São referências que descrevem a construção do conhecimento científico por meio do uso da História e Filosofia das Ciências.

A partir das próximas páginas vamos apresentar a construção histórica relacionando com os conceitos e expressões físicas dos seguintes temas: Modelos planetários; leis de Kepler; leis de Newton e uma pequena abordagem também histórica sobre a construção dos foguetes.

3.1 Astronomia e os Modelos Planetários

Falar sobre Astronomia é apresentar as interpretações sobre a mecânica e dinâmica do nosso sistema solar. Além disso é citar sobre as ideias de filósofos e pensadores que procuraram entender os movimentos dos astros inclusive o movimento da Terra. Para cada estudioso da época exigia-se um trabalho exaustivo na elaboração de seu modelo assim os modelos que se desenvolveram eram diferentes ou até mesmo uma atualização do modelo antigo. A astronomia então surgiu com a ideia de observar e registrar dados sobre os astros começando essa prática pelos chineses, babilônios, assírios e egípcios definindo a astronomia da Posição (BISCH, 2012).

Os Chineses a 700 a.c se destacavam em utilizar um calendário que correspondia a 365 dias, como herança deixaram registros que correspondem a dados sobre os movimentos de cometas, meteoros e meteoritos. Os babilônios, Assírios e Egípcios também já usavam um calendário com 365 dias (KEPLER; SARAIVA, 2004). A utilidade da Astronomia neste momento estava relacionada com o tempo, estes povos sabiam o tempo de plantar colher, caçar e festejar;

No entanto os egípcios, gregos, chineses, árabes, incas, maias, tupi-guarani interpretavam o mundo através da relação entre seres mitológicos como Deuses e Demônios. “Diferentes culturas desenvolveram maneiras próprias de explicar o mundo. Assim, diversas concepções de Universo foram propostas ao longo da história humana” (CARAVIELLO, 2021, p.1). O ser humano sempre se arriscou em descobrir mundos novos e a história comenta que no tempo das

grandes navegações aparentava-se um certo risco em navegar nos oceanos. Pensava-se que a Terra era plana e o Navio sumia no horizonte ou caía e era engolido por seres mitológicos.

3.1.1 Modelo Geocêntrico

O modelo geocêntrico consiste em colocar a Terra como referencial fixo e os outros planetas em movimento, ideia defendida pelos gregos onde os principais defensores foram Pitágoras de Sarmos, Aristóteles, Claudio Ptolomeu

Pitágoras de Sarmos e os Pitagóricos consideravam que a Terra era uma esfera em movimento sendo os primeiros a colocar círculos e esferas para descrever o movimento dos astros. O modelo dos Pitagóricos ou Pirocêntrico apresenta um referencial denominado fogo central, assim os planetas giravam em torno, onde imaginavam que existia uma Anti-Terra que atrapalhava nas observações. Podemos dizer que os modelos dos Pitagóricos seriam um ensaio para o modelo geocêntrico (CARAVIELLO, 2021).

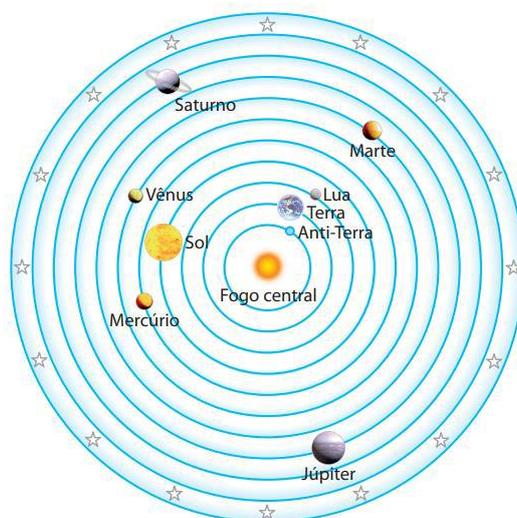


Figura 1 – Modelo dos Pitagóricos
Fonte: CARAVIELLO, 2021.

Segundo (KAZUHITO, et al,1988), Aristóteles elaborou seu modelo tomando como referência o trabalho de Eudoxo Cniado (408 a. c – 347 a. c), ambos discípulos de Platão. O modelo de Aristóteles afirma que a Terra se encontra desprovida de movimento, ou seja, parada, mas ocupando o centro do Universo, para os outros planetas e corpos como estrelas estes estariam em rotações uniformes assim os astros a trajetórias dos astros seriam perfeitos

círculos concêntricos. O modelo de Aristóteles está voltado a uma concepção de divisão cósmica em duas partes; a primeira seria a Morada Humana e a outra seria a parte celestial; a Morada Humana seria composta pelos cinco elementos terra, água, ar e fogo e circulada por uma atmosfera Lunar já o quinto elemento era o éter (SALVADOR, 2014).

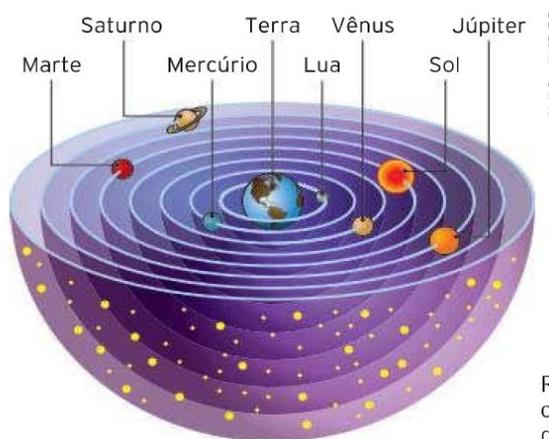


Figura 2 – Modelo de Aristóteles
Fonte: FUKUI, Ana et al, 2016.

Claudio Ptolomeu desenvolveu seu modelo conforme os estudos de Aristóteles inserindo os chamados epiciclos. Segundo (KEPLER; SOUZA, 2004) afirma que Ptolomeu descreve o movimento dos astros do sistema solar por meio de uma representação geométrica contendo círculos, epiciclos e equantes. Para (NOGUEIRA; CANALLE, 2009) o modelo de Ptolomeu apresenta que os planetas giram não somente em torno da Terra, mas obedecendo trajetórias circulares que circulavam ao longo de suas órbitas, os chamados epiciclos.

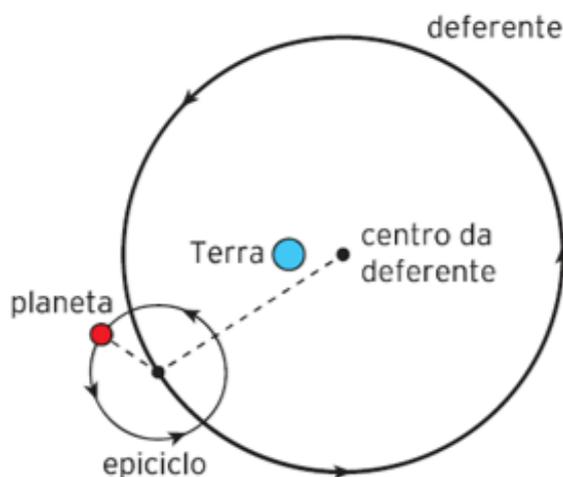


Figura 3 – Modelo de Ptolomeu epiciclo
Fonte: FUKUI, Ana et al, 2016.

A construção do modelo geocêntrico de Ptolomeu leva as seguintes afirmações segundo (PIRES, 2011): A primeira está relacionada ao movimento da Terra em relação ao Sol. Para Ptolomeu a Terra apresenta uma imobilidade translacional, a invariância, com o tempo do tamanho das posições angulares das chamadas estrelas fixas. Ptolomeu em seu segundo argumento exclui o movimento de rotação da Terra afirmando como pode as nuvens e outros objetos estarem em movimento caso uma pedra fosse lançada no ar está teria um movimento contrário ao da rotação da Terra.

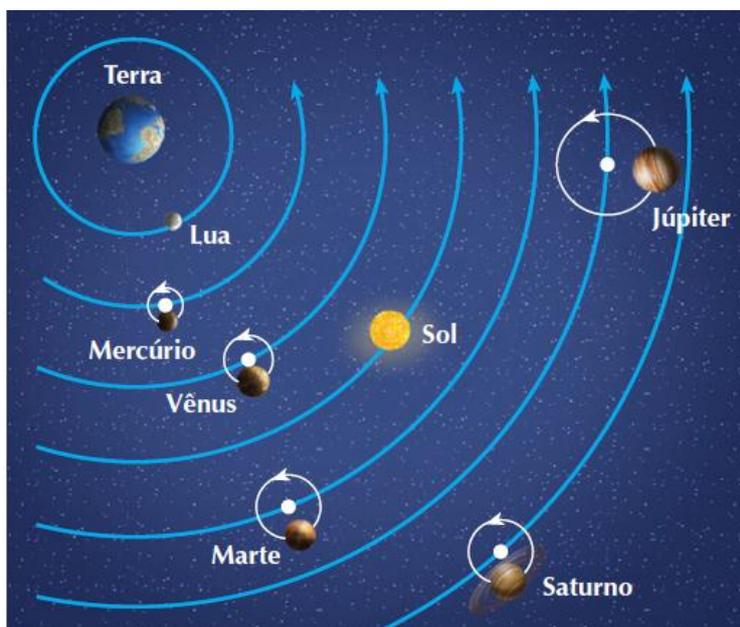


Figura 4 – Modelo de Ptolomeu
Fonte: RAMALHO, et al, 2009

O modelo de Ptolomeu era um modelo razoável apesar de apresentar algumas falhas pois na aquela época acertava-se que os planetas realizavam um movimento perfeito, entretanto, ao se observar o modelo de Ptolomeu existem sete astros que fugiam deste movimento perfeito. Esses astros seriam as estrelas fixas e Sol e a Lua que foram renomeados de planetas errantes, ou seja, movimentos diferentes dos outros astros do Sistema de Ptolomeu.

Na época de Copérnico o modelo defendido por Ptolomeu e Aristóteles enfrentava uma série de dificuldades. Alguns problemas não podiam ser resolvidos de acordo com as condições impostas pelo sistema geocêntrico, construído por Ptolomeu, seus principais problemas deste modelo são:

- Qual seria a explicação sobre o movimento retrógrado dos planetas, assim, o modelo dos epiciclos precisava de ajustes à medida que as novas informações eram descobertas
- Explicar porque as órbitas de Vênus e Mercúrio sempre estão próximas do Sol.
- Explicar porque Marte, Júpiter e Saturno podiam ser vistos em oposição ao Sol.

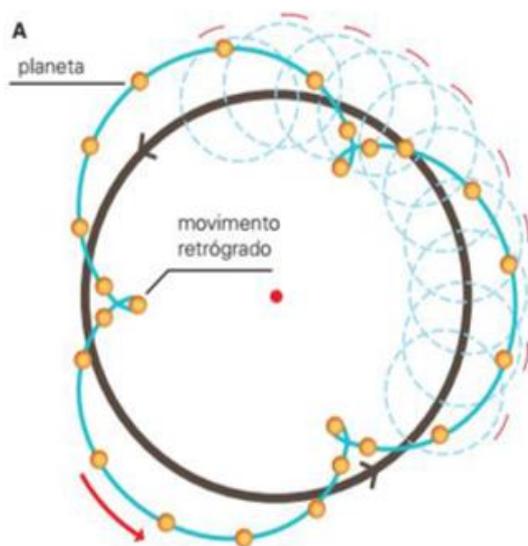


Figura 5 – Movimento retrógrado de Marte
Fonte: PIETROCOLA, 2016.

3.1.2 Modelo Heliocêntrico

Em 1510 segundo (CARAVIELLO, 2021) houve uma apresentação de Nicolau Copérnico de sua obra denominada: “*Nicolai Copernici de hypothesisibus mottuum caelestium a se constituis commentariolus*” (SALVADOR, 2014, p.24). Traduzindo o título da obra para o português significa: Pequeno comentário sobre as hipóteses formuladas por Nicolau Copérnico acerca dos movimentos celestes. Neste manuscrito é exposto sete axiomas:

- I. Não existe um centro onde todos os corpos se movimentam
- II. O centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas do sistema Terra-Lua; A lua que gira em torno da Terra.

- III. Todos os corpos giram em Torno do Sol como se ele estivesse no meio de todos assim o centro do mundo está perto do Sol;
- IV. A Terra está muito próxima do Sol do que firmemente;
- V. O movimento aparente do firmamento, não pertence a ele, mas a Terra que gira em torno de seus polos, mas a Terra que gira em torno dos seus polos em um movimento diário;
- VI. Qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele, mas pela Terra quando giramos em torno do Sol como qualquer outro planeta;
- VII. O movimento aparente retrogrado dos planetas não pertence a eles, mas a Terra. Apenas o movimento da Terra é suficiente para explicar mais irregularidades aparentes do céu.

Giordano Bruno foi um dos principais defensores do modelo de Copérnico, que era totalmente contra o geocentrismo afirmando que o Universo é infinito. Em 1584, Bruno redigiu um trabalho que mostrava a interpretação da Obra de Copérnico: O Universo e seus Mundos. Neste trabalho Bruno explorou a ideia de que o Sol é apenas uma estrela em nosso céu mais existem outras visíveis “ Há incontáveis Sois e com uma infinidade de planetas que circulam em torno dos Sóis como os nossos planetas circulam em nosso “ (NOGUEIRA, 2014, p,27). Em 1600, a igreja tinha como referência o modelo de Claudio Ptolomeu e as ideias de Bruno sobre o heliocentrismo lhe causou a vida, pois seu destino foi a morte na fogueira.

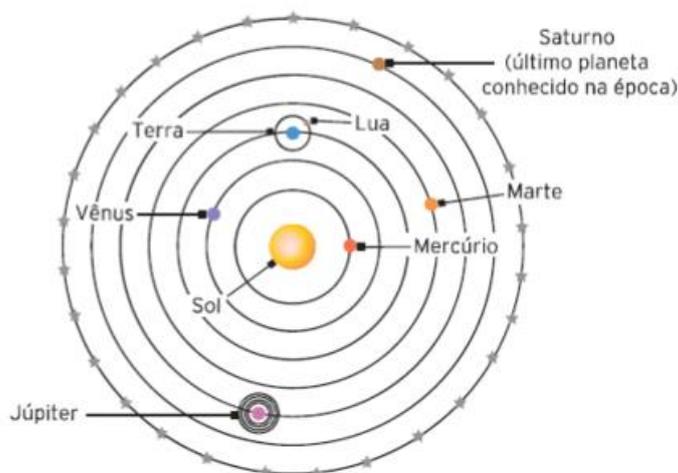


Figura 6 – Modelo de Nicolau Copérnico
Fonte: FUKUI, Ana et al, 2016.

O modelo de Nicolau Copérnico inseriu órbitas circulares nos planetas conhecidos na época, com esta ferramenta resolveu os problemas do sistema geocêntrico sugerido por Ptolomeu um deles o movimento retrógrado de Marte, No caso do movimento retrogrado deste planeta; Copérnico resolveu este com seguinte argumento: o movimento retrogrado dos planetas é devido ao movimento relativo entre o planeta e a Terra, porém a Terra apresenta velocidade mudando de posição conforme sua órbita em torno do Sol, assim Marte que apresentava este movimento em relação a Terra também se movimenta com velocidade em uma órbita circular em torno do Sol conforme a figura abaixo:

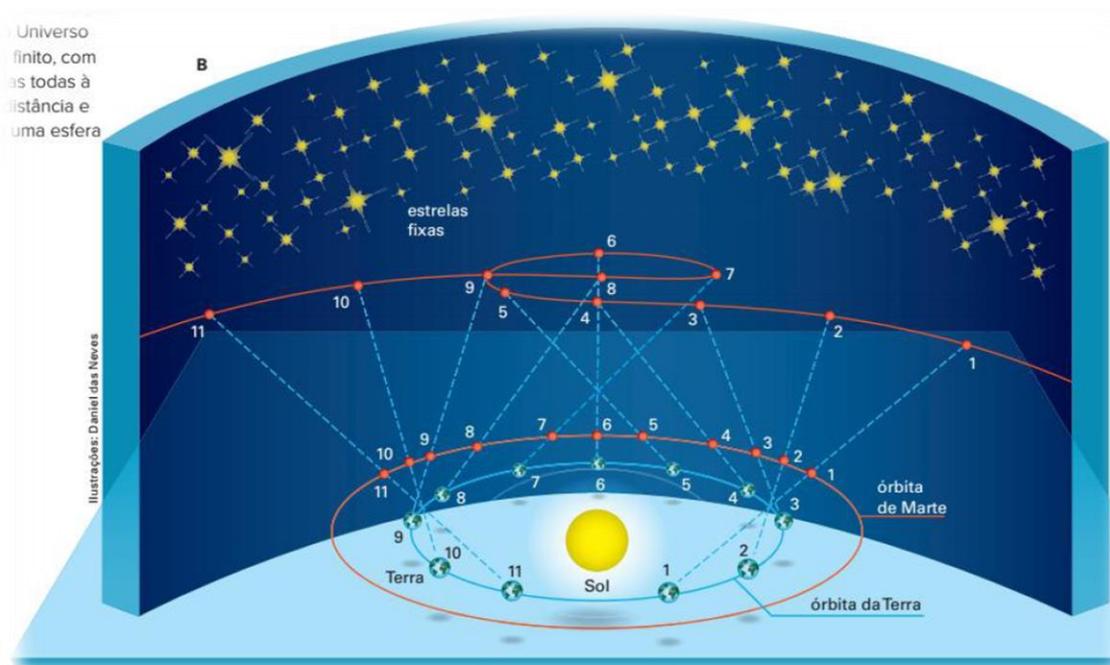


Figura 7 – Movimento retrógrado dos planetas
Fonte: PIETROCOLA, 2016.

Segundo (NOGUEIRA; CANNALE, 2009) um dos argumentos contra o modelo heliocêntrico seria a posição das estrelas fixas conforme a figura acima. Caso a Terra se deslocasse em torno do Sol, as estrelas deveriam aparecer em posições diferentes, contra o argumento para esta ideia bastava inserir as estrelas com referencial fixo e colocá-las a uma distância a órbitas dos planetas.

Outro problema resolvido no modelo Heliocêntrico de Copérnico foram as órbitas de Vênus e Mercúrio. O problema era o seguinte qual seria a explicação para que estes dois planetas estejam próximos do Sol? A explicação

é simples, devido estes planetas estarem entre o Sol e a Terra, assim como as órbitas de Marte, Júpiter e Saturno.

3.1.3 O modelo Misto de Tycho Brahe

Tycho Brahe (1546-1601) astrônomo dinamarquês no qual teve um papel importante em elaborar novas técnicas de observação. As mediadas realizadas por esse estudioso naquela época eram realizadas a olho nu, pois lunetas ainda não foram inventadas.

Surgiu ainda, na segunda metade do século XVI, um astrônomo dinamarquês, Tycho Brahe, que foi sem dúvida o principal observador até então nascido. Suas ideias, entretanto, estão ligadas ao modelo geocêntrico. Seu mérito foi colher novos e os mais preciosos dados de movimentações de planetas e localizações de estrelas (CARAVIELLO, 2021, p.5).

O modelo de Tycho Brahe apresenta referencias das ideias do modelo de Aristóteles, entretanto segundo (NOGUEIRA; CANALLE, 2009) este modelo é denominado misto colocando os planetas girando em torno do Sol, a lua girando em torno da Terra e pôr o centro do universo seria a Terra.

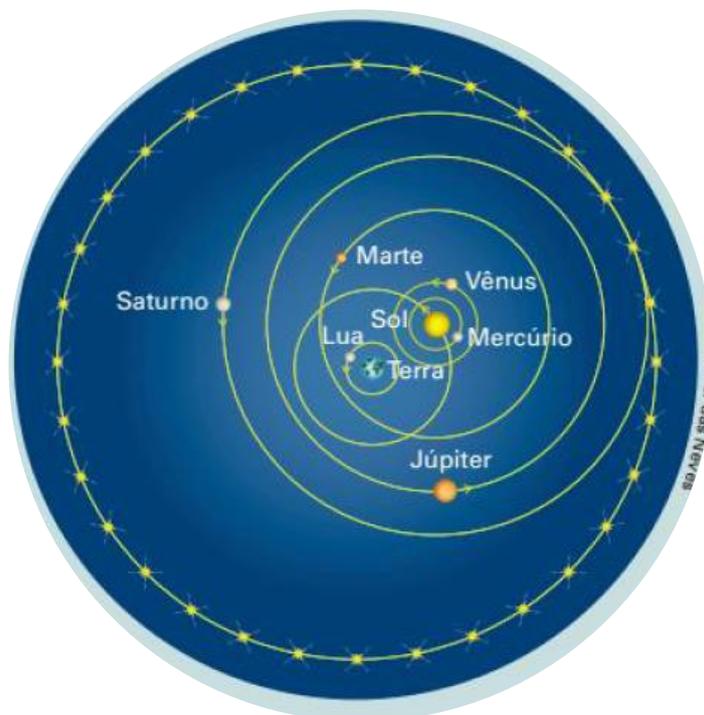


Figura 8 – Modelo Misto de Tycho Brahe
Fonte: PIETROCOLA, 2016.

Kepler (1571-1630) discípulo de Tycho Brahe, fez o uso de dados de seu mestre para obter as suas famosas leis de Kepler. O trabalho de Kepler sempre

foi árduo que levou 10 anos para formular suas leis (BRENNAN, 2000). Kepler obteve suas primeiras informações sobre o modelo heliocêntrico na obra de Copérnico já no final do século 16 (NOGUEIRA, 2014).

Entusiasmado pela simplicidade do sistema de Copérnico, Kepler acreditava que seria possível realizar alguma correção neste modelo, de modo a torna-lo mais ajustado aos movimentos dos corpos celestes realmente observados (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p.209)

Com os dados de Tycho Brahe, Kepler começou a estudar as relações entre o movimento da Terra, Marte e Sol as conclusões de Kepler foram as seguintes a órbita da Terra seria parecida com uma circunferência, porém o Sol não estaria no centro, isto seria um ensaio para a primeira lei denominada Lei das Órbitas. Assim Kepler aplicou o mesmo método para o movimento dos outros planetas inaugurando a cinemática dos planetas.

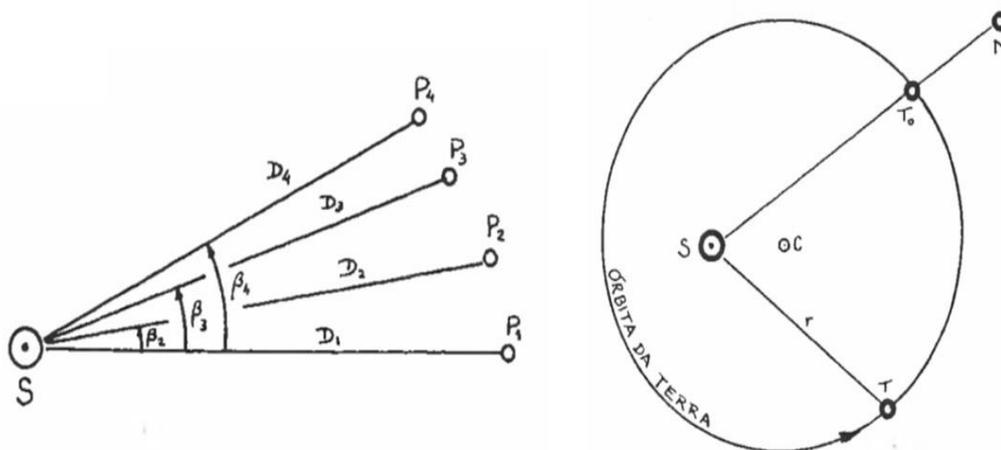


Figura 9 – Método para obter a órbita da Terra
Fonte: BOCZKO, 1984.

Ao definir a primeira lei das órbitas, Kepler também verificou que os planetas descrevem áreas iguais em tempos iguais, ou seja, de acordo com (BRENNAN, 2000) a velocidade circular do planeta é proporcional à distância, do enunciando a segunda lei das Áreas.

Kepler retomou os seus trabalhos sobre os dados observáveis de Marte quadro anos mais tarde com a intenção de verificar se a órbita de Marte era circular trabalhando com dois métodos diferentes. O primeiro através do cálculo de círculos passando por pontos observáveis, obtendo círculos diferentes para três pontos diferentes: o segundo método está relacionado com o cálculo das

distâncias entre Marte e Sol, os métodos utilizados por Kepler mostravam que a órbita de Marte era sempre oval ou elíptica; Um fato interessante que Kepler conseguiu com os métodos das distâncias foi de uma equação matemática que demonstrava o movimento. Entretanto ao tentar mostrar uma interpretação geométrica conseguiu construir a seguinte figura.

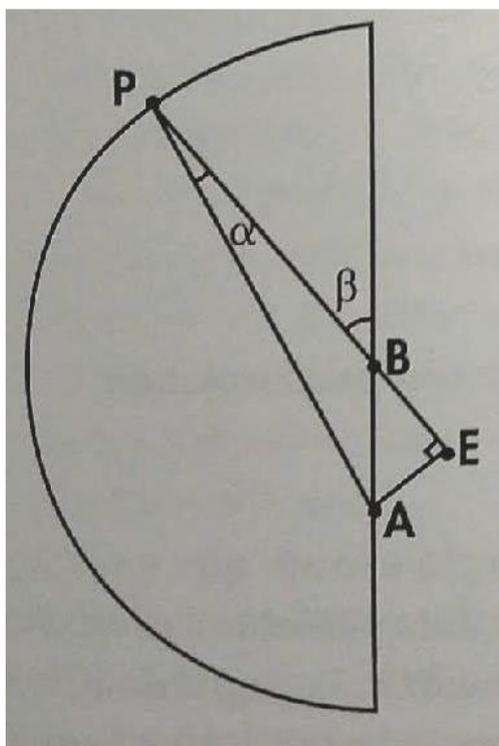


Figura 10 – A interpretação geométrica da elipse de Marte por Kepler
Fonte: PIRES, 2011.

Desistindo de obter a órbita de Marte caiu numa teoria que fazia a ligação entre a revolução orbital e a oscilação radial do diâmetro. Um ensaio para sua 3ª lei dos períodos, segundo (PIRES, 2011) a terceira lei nasceu da tentativa de obter a órbita de Marte. Com esse estudo, Kepler desenvolveu um conceito sobre a massa e distância do planeta que a massa do planeta onde a massa crescia com a raiz quadrada das distâncias entre o Sol e o Planeta.

De acordo com (GUIMARAES, et al, 2016), o período de 1601 a 1612 foram os anos milagrosos para Kepler na formulação de suas três leis, além disso, este período corresponde aos anos em que viveu em Praga trabalhando como matemático do para o governo.

Em 1619 Kepler publicou a sua terceira lei “O quadrado do Período Orbital de um planeta é proporcional a cubo do da distância média do planeta ao Sol” (NOGUEIRA, 2014, pg.32).

As leis de Kepler são verdadeiras desde que o corpo de massa maior esteja no centro para uma órbita circular, para uma órbita elíptica as leis de Kepler são válidas, entretanto, a verificação exige um maior tratamento matemático.

No final de contas o sistema Heliocêntrico venceu haja visto que Kepler desenvolveu uma matemática para os planetas inserindo, dois modelos para órbitas o circular e o elíptico, mas deve se observar que a circunferência é uma cônica de excentricidade nula.

Galileu (1564-1642) considerado o primeiro físico experimental dos tempos, era contemporâneo de Kepler. Os trabalhos de Galileu estão relacionados a queda dos corpos, movimento em plano inclinado, estudo do movimento dos planetas e entre outros. Desenvolveu um tipo de Luneta para observação, no entanto este aparelho não foi por ele inventada, mas sim pelo Holandês Hans Lippershey (1570-1619).

A luneta de Galileu denominada Galileoscópio apresentava maior ampliação na imagem. Assim em 1609 Galileu realizou observações nos seguintes astros: Sol, Lua, Vênus e Luas de Júpiter, destas observações podem-se publicar em 1610, o livro O mensageiro das Estrelas este manuscrito retrata os resultados de suas observações que são as seguintes:

- Observações da Lua as sombras lunares vista da Terra na verdade são montanhas, vales e crateras;
- Manchas Solares; Galileu observou que o Sol apresentava manchas em sua superfície;
- Fase de Vênus as observações deste Planeta mostram que este apresenta fases

“Uma explicação razoável para o fenômeno deste planeta seria o argumento de que a Terra apresentar movimento no entanto Vênus apresenta uma órbita interna fortalecendo o modelo de Copérnico” (FUKUI, 2016, p.197).

- Satélites de Júpiter; Galileu descobriu que o planeta Júpiter apresenta satélites sendo quatro luas. Isso é a prova de que nem todos os corpos giravam em torno de um único objeto privilegiado, ou seja, a Terra ou o Sol.

Em 1632 Galileu publicou suas publicações com o livro chamado: Diálogos sobre os dois maiores do Sistema do Mundo imediatamente a Igreja mandou retirar os exemplares, nessa época a igreja ainda aceitava o modelo de Ptolomeu e qualquer estudioso que fossem desacordo com a Igreja era acusado de heresia, como aconteceu com Bruno em 1600. No entanto Galileu, defensor da Teoria Heliocêntrica era totalmente contra as ideias da Igreja, isto revoltou os religiosos daquela época e acusaram Galileu de heresia e contentaram a ser preso em domicílio. Aos 78 anos de idade o defensor da teoria Heliocêntrica morreu em exílio e ao passar 350 anos depois foi devidamente inocentado pelo papa João Paulo II.

3.2 Leis de Kepler e a Matemática das Elipses

De acordo (KAZUHITO, et al,1988, p.291) “a elipse é um lugar geométrico dos pontos de um plano cujas as distancias (d_1 e d_2) a dois pontos fixos os focos (F_1 e F_2) dão soma constante, ou seja, $d_1 + d_2 = cte$ ”.

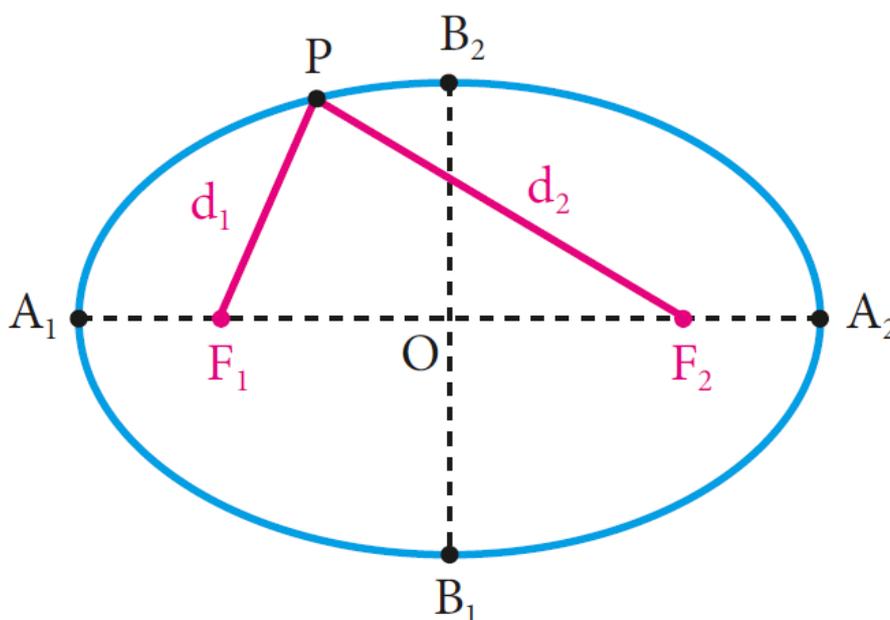


Figura 11 – Definindo a elipse
Fonte: DOCA, et al, 2016.

- F_1 e F_2 são os focos da elipse;
- $\overline{OA_1}$ e $\overline{OA_2}$, são os semieixos maiores de mesmo tamanho;
- $\overline{OB_1}$ e $\overline{OB_2}$, são os semieixos menores de mesmo tamanho;

A soma dos semieixos maiores é a medida do comprimento da elipse denominado E .

$$\overline{OA_1} + \overline{OA_2} = E \quad (1)$$

A soma dos segmentos $\overline{OF_1}$ e $\overline{OF_2}$ é a distância focal representada por f .

$$\overline{OF_1} + \overline{OF_2} = f \quad (2)$$

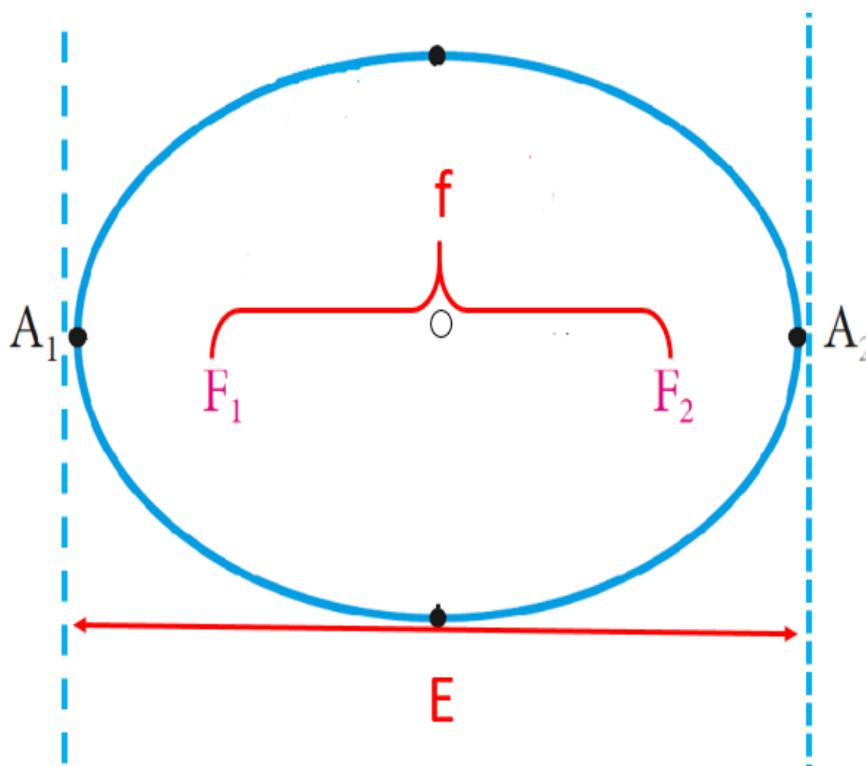


Figura 12 – Medida do comprimento da elipse e distância focal
Fonte: Adaptado de DOCA, et al, 2016.

Segundo (BOCZKO, 1984), a grandeza adimensional denominada excentricidade da elipse é definida por:

$$e = \frac{f}{E} \quad (0 \leq e < 1) \quad (3)$$

A excentricidade $e = 0$ dá elipse se tornara uma circunferência quando $f = 0$ e os focos F_1 e F_2 serem coincidentes, ou seja, $F_1 = F_2$.

Leis de Kepler: Lei das órbitas

“Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, o qual ocupa um dos focos da elipse descrita “ (RAMALHO, 2009, p.359).

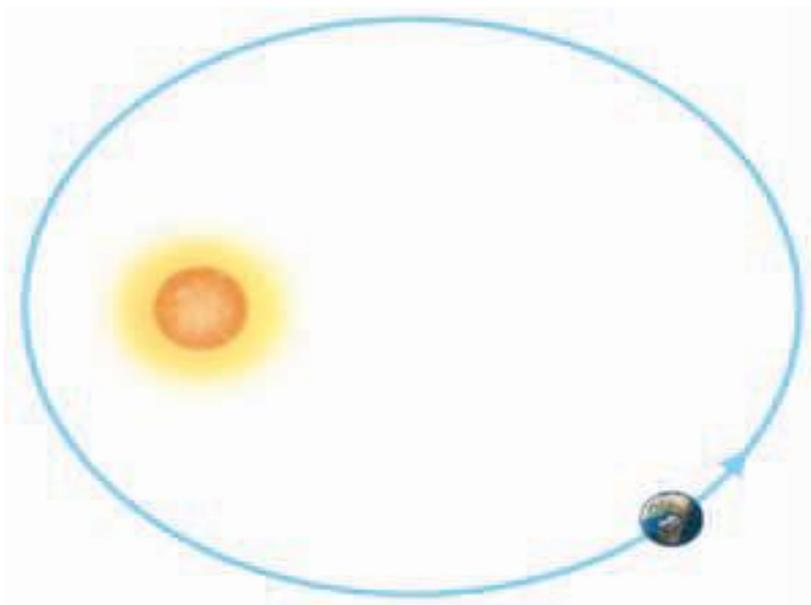


Figura 13 – Modelo das órbitas por Kepler
Fonte: Gaspar, 2013, p.242.

A Terra apresenta uma excentricidade próxima de zero, assim, sua órbita se aproxima da circunferência. Para (DOCA, et al, 2016, p.148) afirma que “O fato de existirem órbitas praticamente circulares não invalida, contudo, a 1ª Lei de Kepler, já que a circunferência é um caso particular de elipse que tem os focos coincidentes”. Os astrônomos determinaram com exatidão as excentricidades dos oito planetas do sistema, inclusive o planeta anão Plutão. (NOGUEIRA; CANALLE, 2009).

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
Excentricidade	0,2	0,007	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009	0,25

Figura 14 – A excentricidade dos planetas
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

Conceituando periélio, afélio e raio Médio

Cada Planeta em seu movimento, passa por dois pontos denominados: Periélio e Afélio como na figura 15 que representa um modelo da passagem de um planeta ao redor do Sol; Dizemos que o ponto de trajetória do planeta mais próximo em relação ao Sol é chamado de Periélio, enquanto que o ponto da trajetória do Planeta mais afastado do Sol é denominado Afélio. Para a Terra temos as seguintes distâncias.

Tabela 1 – Distância do planeta Terra em uma órbita Elíptica

Menor distância (Periélio)	$1,47. 10^8 \text{ km}$
Maior distância (afélio.)	$1,52. 10^8 \text{ km}$
Distância Média (r)	$1,48. 10^8 \text{ km}$

Fonte: Pietro cola, et al. 2016.

Podemos conceituar o r sendo a média aritmética da soma raios mínimo r_p e máximo r_a , ou seja, das distancias máximas e mínima do planeta ao Sol a tabela acima mostra o a distância média da Terra em relação ao sol.

$$r = \frac{r_p + r_a}{2} \quad (4)$$

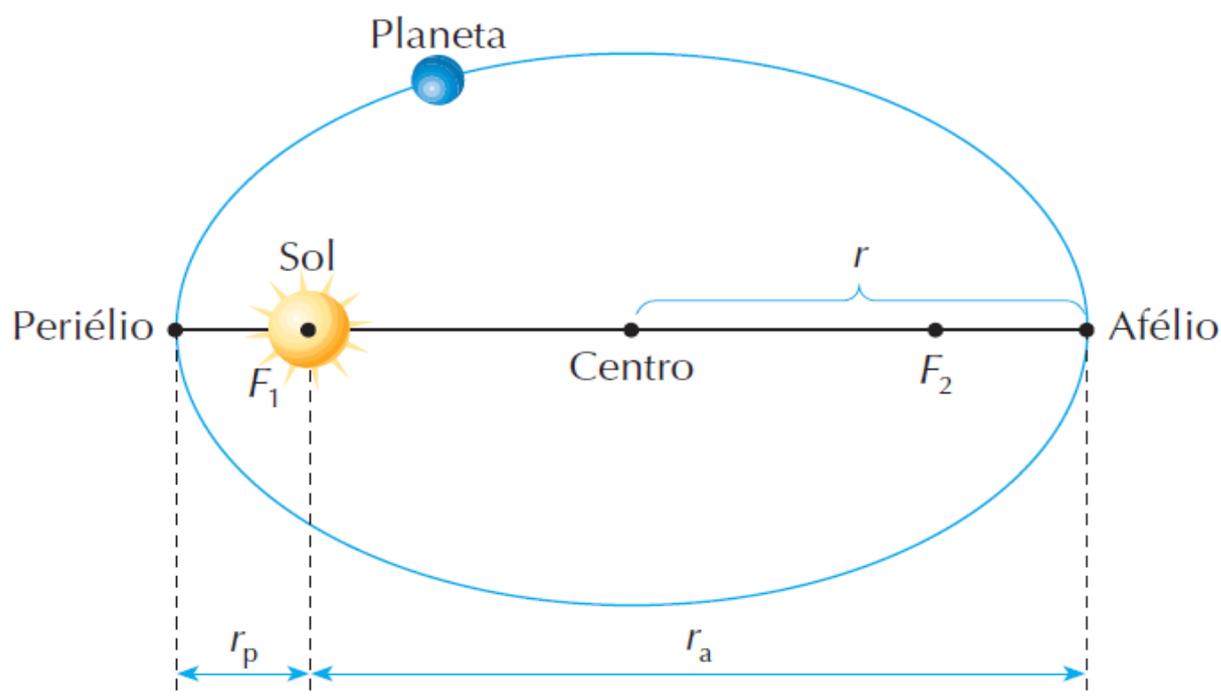


Figura 15 – Raio médio
Fonte: RAMALHO, 2009.

Para (GUIMARÃES, et al,2016, pg.211). Na órbita da Terra, o Periélio ocorre no final do mês de dezembro e encontra-se a 147 milhões de quilômetros do Sol e, o Afélio, no final do mês de junho, a 152 milhões de quilômetros”. Conforme a figura 16 que mostra o prolongamento do Periélio e do Afélio.



Figura 16 – Órbita da Terra meses do Periélio e Afélio

Disponível em: <[OBA2019 CARTA E GABARITO NIVEL 3.pdf](#)>acesso em 18 de abril de 22.

Lei de Kepler lei das áreas

A lei das áreas originou-se por meio das observações de Kepler ao planeta Marte ao verificar que sua velocidade mudava ao ficar próxima do Sol. Anunciada da seguinte forma: os raios vetores de cada planeta varrem áreas iguais em tempos iguais (BOCZKO, 1984) ou podemos dizer que a segunda Lei de Kepler nos informa que um planeta se move mais devagar quando está mais distante do Sol e mais depressa quanto está mais próximo do Sol. Para demonstrar o entendimento da lei das áreas devemos definir o que seria velocidade areolar v_{ar} que é a velocidade em que as áreas são descritas.

$$v_{ar} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (5)$$

onde ΔA é a variação de área percorrida pelo raio vetor que liga o centro do planeta ao Sol num intervalo de tempo Δt .

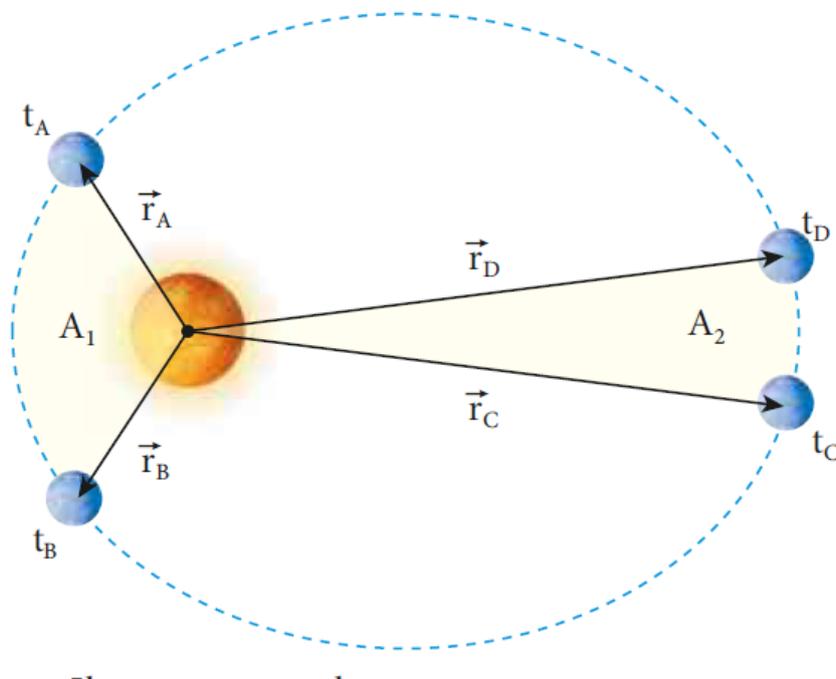


Figura 17 – Segunda lei de Kepler
Fonte: DOCA, et al, 2016.

A figura 17 representa o movimento translacional do planeta em torno do Sol em quatro instantes t_A, t_B, t_C, t_D associados aos vetores $\vec{r}_A, \vec{r}_B, \vec{r}_C, \vec{r}_D$. Vamos representar as áreas A_1 e A_2 percorridas pelos vetores posição dos planetas nos intervalos $\Delta t_1 = t_B - t_A$, e $\Delta t_2 = t_D - t_C$. Pela segunda Lei de Kepler temos que.

$$\text{se } \Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow A_1 = A_2. \quad (5.1)$$

Analisando a figura 17 acima novamente podemos observar que A_1 e A_2 são varridas em áreas iguais, porém, em razão da excentricidade da órbita, o espaço percorrido pelo planeta na região ao Periélio (deslocamento escalar) é maior que o espaço percorrido pelo planeta na região do Afélio. Ou seja

$$\Delta s_1 > \Delta s_2. \quad (5.2)$$

Se $A_1 = A_2$, então $\Delta s_1 > \Delta s_2$. Na região do Periélio, num intervalo de mesma duração, o planeta percorre um espaço maior que o percorrido na região

do Afélio. Podemos dizer que a velocidade escalar média de translação é maior do que a região do Afélio. $v_p > v_a$. No Periélio a velocidade é máxima, já no Afélio a velocidade é mínima assim (DOCA, et al, 2016, p. 149) esclarece que “Do Afélio para o Periélio o movimento é **acelerado**, e do Periélio para o Afélio o movimento é **retardado**.”. Em síntese, o movimento de um planeta em uma órbita elíptica não é uniforme. Para o movimento de translação da Terra temos que no Afélio = 29,3 km/s e no periélio = 30,2 km/s

3ª Lei de Kepler lei dos períodos

O quadrado do período da revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua elipse orbital, ou seja,

$$K = \frac{T^2}{r^3} \quad (6)$$

onde T^2 é período sideral do Planeta ao se deslocar em torno do Sol, ou seja, movimento de translação movimento pelo qual o Planeta se desloca em torno do Sol e r é o raio médio na verdade Kepler argumentou que os planetas descreviam uma lei harmônica comparando-se a uma orquestra, essa lei pode ser aplicada em outros corpos no cálculo de seu período sideral (NUSSENZVEIG, 2013). A tabela 2 mostra o que seria a constante de K.

Tabela 2 – Terceira lei de Kepler

PLANETA	T (DIAS TERRES- TRES)	r (Km)	$K = \frac{T^2}{r^3}$
Mercúrio	88	$5,8 \times 10^7$	$4,0 \times 10^{-20} \text{ s}^2/\text{km}^3$
Vênus	224,7	$1,08 \times 10^8$	
Terra	365,3	$1,5 \times 10^8$	
Marte	687	$2,3 \times 10^8$	
Júpiter	4343,5	$7,8 \times 10^8$	
Saturno	10767,5	$1,44 \times 10^9$	
Urano	30660	$2,9 \times 10^9$	
Netuno	60152	$4,5 \times 10^9$	
Plutão	90666	$6,0 \times 10^9$	

Fonte: adaptado de KAZUHITO, et al,1988.

3.3 Leis de Newton e a Gravitação Universal

A relação entre as órbitas dos planetas e a força gravitacional já era estudada por vários pensadores da Europa do século XVII, os principais foram Edmond Halley, Robert Hooke e Christopher Wren. Segundo (VASCONCELOS, 2018) os três personagens se encontram no ano de 1684 em um café da Royal Society para discutirem o problema como relacionar a força que o Sol produzia nos planetas e as órbitas elípticas dos planetas. Nesta conversa, Halley e Wren afirmaram que não eram capazes de resolver o problema, no entanto, Hooke esclareceu que existia um meio de provar a conexão entre força e órbita, mas Hooke não veio a demonstrar. Os personagens dessa conversa demonstravam sempre o mesmo raciocínio “a lei do inverso do quadrado podia explicar as órbitas elípticas de Kepler, mas não conseguiam prová-la “ (BRENNAN, 2000, p.43)

É assim que nasce o "Principia" de Newton. "Hooke declarou que deduzira a partir da lei das elipses, da autoria de Kepler, a prova que a gravidade era uma força emanante, mas que não a revelaria a Halley e a Wren, até que estivesse pronto a torná-la pública (VASCO, 2018, p.7).

Nesta época todo cientista europeu queria ter um encontro com Issac Newton de 42 anos o grande Matemático da década e Halley, astrônomo de 28 anos de idade, mostrou-se interessado ao encontrar com Newton. Este encontro aconteceu em agosto de 1684 na Universidade de Cambridge. O objetivo deste encontro seria para receber conselhos e conversar sobre o problema da dinâmica dos corpos celestes. Na conversa Halley perguntou a Newton se era possível provar por meio de expressões matemáticas a relação entre a força e as órbitas elípticas, e a resposta dada por Newton surgiu com entusiasmo, esclarecendo que sim era possível. E essa prova Newton já tinha resolvido, porém ele não sabia onde colocou os seus rascunhos. Depois daquela conversa passaram três meses daquele ano, tempo necessário para Newton reunisse seus rascunhos e escrever o artigo intitulado “Sobre o movimento dos Corpos Giratórios” (BRENNAN, 2000, p.44).

Halley ao receber o artigo ficou surpreso não só tinha a solução do problema mais também era um esboço para revolucionar a Física daquela

época. Assim Halley reconheceu o trabalho de Newton e na segunda visita Halley convenceu Newton a reunir seus papéis para a publicação de um livro

Edmond Halley teve um papel muito importante na publicação de “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural” (1687), obra de Isaac Newton com o prólogo do próprio Halley, onde Newton divulgou, entre outras coisas, a sua famosa lei da gravitação universal (FRAZÃO, 2018)

Durante o período de 1684 até 1686 Newton trabalhou com esforço até se isolando da sociedade. O seu secretário, o senhor Humphrey segundo (BRENNAN, 2000), relatou que Newton esquecia até de comer e não demonstrava nenhum senso de humor. Para escrever *Os Principia* Newton sintetizou seu trabalho de longo 20 anos e assim em 5 de julho de 1687 o livro. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* é publicado com a ajuda de Halley.

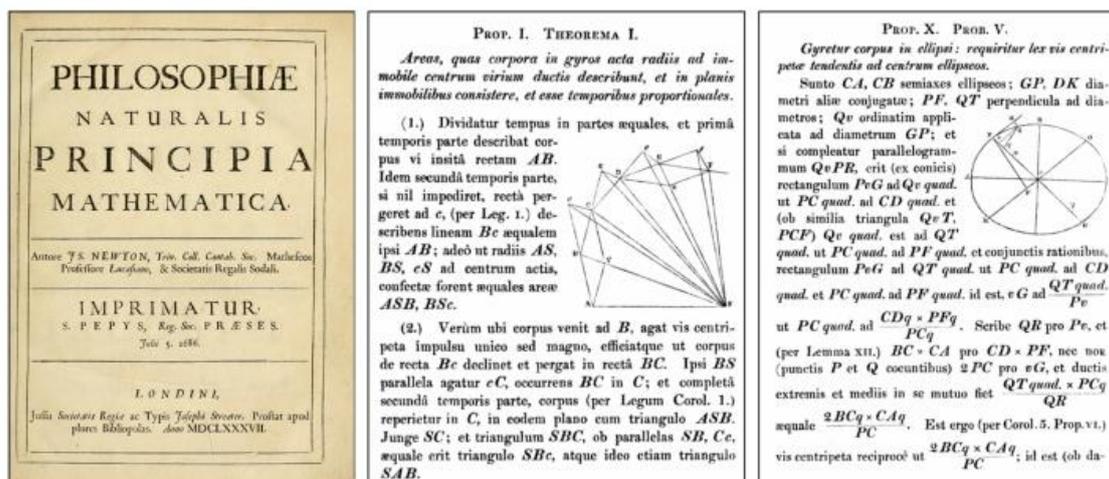


Figura 18 – *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*
 Fonte: <<https://ichi.pro/pt/o-genio-de-isaac-newton-268027725330708>>

O *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* consiste em três livros: O livro 1 apresenta uma dinâmica geral dos corpos na ausência de atrito; O livro 2 trata-se da dinâmica dos corpos submetidos a força de atrito e a uma resistência e o livro 3 ele descreve o movimento dos corpos celeste e apresenta as suas leis da dinâmica que ficaram famosas até hoje.

Leis de Newton

O livro 3 da coleção *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* apresenta a solução da dinâmica dos corpos celestes e as três leis conhecidas

que são fundamentais no estudo do movimento de um objeto relacionado as forças que atuam no objeto.

Vamos discutir sobre as leis de Newton e sempre vamos utilizarmos a palavra força, porém, não uma definição fixa sobre essa palavra mesmo para uma pessoa comum da sociedade se indagarmos sobre o conceito de força ela nos poderá responder que força é puxão um empurrão. A partir de agora sempre vamos referenciar a palavra força, mas sem uma definição fixa “a parte da mecânica que analisa os movimentos, fazendo a relação entre as causas e os efeitos é dominada dinâmica” (KAZUHITO, et al,1988, 1988, p.161). Ao estudar as leis de Newton devemos também conceituar dois itens, o primeiro é a ideia de referencial inercial e a outra o conceito de massa.

Referencial Inercial é um sistema de coordenadas S onde as leis de Newton são válidas se existir um outro “sistema de coordenadas S’ em relação ao referencial S este se move em movimento uniforme em relação ao S’”. “Se não há forças, atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um referencial inercial” (TIPLER, 2009, p.94). Podemos concluir que todo referencial que esteja em movimento com velocidade constante em relação a um referencial inercial também é considerado um referencial inercial, onde as leis de Newton são invariantes em todos os referenciais inerciais.

Existe um erro na fala diária das pessoas da sociedade sobre o conceito de massa e peso haja visto que são diferentes. Para começo de conversa na verdade a massa é uma grandeza física fundamental para a medida da inércia de um objeto submetido a uma força, já o peso está relacionado ao produto da massa pela aceleração da gravidade (força gravitacional)

A partir dessas definições acima vamos introduzir as leis de Newton, começamos pela 1ª lei de Newton que nos diz o seguinte: “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele” (NUSSENZVEIG, 2013, p 68): Mais ainda (NETO, 2004) afirma que essa lei é conhecida como a lei da inércia ou de Galileu que define o que são os referenciais inerciais.

De acordo com (KAZUHITO, et al,1988) uma partícula está em equilíbrio quando sua velocidade \vec{v} é constante no decorrer do tempo, em

relação, a um referencial. O mesmo autor enfatiza que temos dois tipos de equilíbrio: O equilíbrio estático, onde a partícula permanece em repouso e o equilíbrio dinâmico onde a partícula se encontra em MRU.

Como exemplo da 1ª lei de Newton temos a seguinte situação descrita por (RAMALHO, 2009. p. 198): “Admita um ônibus em MRU em relação ao solo; quando o ônibus é freado, os passageiros tendem, por inércia, a prosseguir com a velocidade que tinham em relação ao solo”.

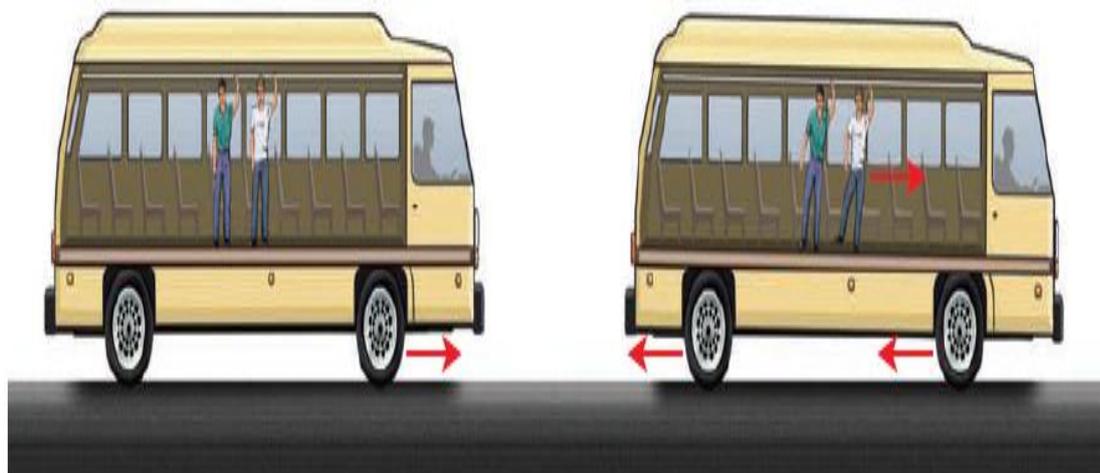


Figura 19 – 1ª Lei de Newton nos passageiros
Fonte: RAMALHO, et al, 2009.

A segunda lei de Newton é a lei fundamental da dinâmica onde a força resultante é igual o produto da massa pela aceleração. Essa definição aparece nos livros didáticos do Ensino Médio sem a notação vetorial, mas em módulo temos:

$$F = ma \quad (7)$$

A equação (7) segundo (BRENNAN, 2000), esclarece que uma força maior gera uma mudança de movimento e que várias forças combinadas produzem também uma mudança de movimento; As forças combinadas podem ser de intensidades e direções diferentes e a mudança de movimento é expressa como uma aceleração por sua vez é a variação da velocidade em relação ao tempo

Na equação (7) temos que m é massa inercial do objeto que é a quantidade de matéria que o objeto possui. Enfatizo, que a segunda lei de

Newton serve como teste para verificar a inércia que a partícula possui “ A inércia é uma propriedade da matéria, segundo a qual uma partícula sob uma resultante nula, se mantém em equilíbrio estático (repouso) ou dinâmico (MRU), conservando a velocidade vetorial constante” (KAZUHITO, et al,1988, p.166).

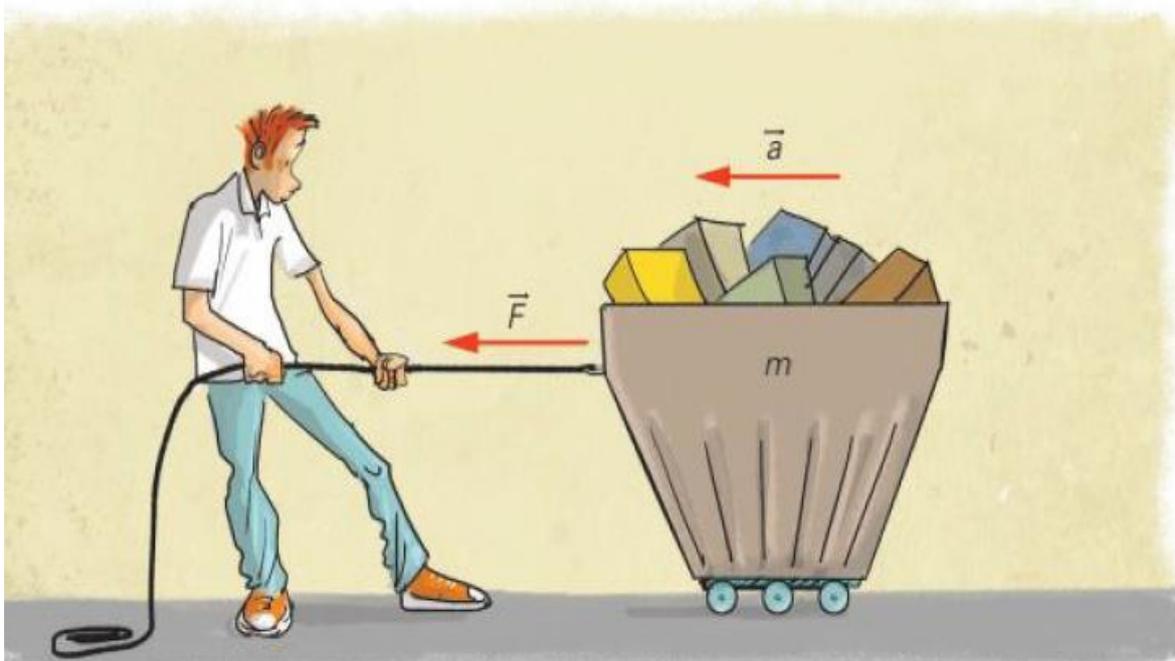


Figura 20 – Aplicação da 2ª Lei de Newton
Fonte: PIETROCOLA, et, al 2016.

Em questão de momento linear a equação (7) pode ser expressa pela seguinte afirmação “A variação do momento é proporcional a força impressa e tem direção da Força” (NUSSENZVEIG, 2013, p.72):

$$\vec{F}_r = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (8)$$

onde \vec{F}_r é a resultante das forças que atuam sobre o objeto ou a partícula e \vec{p} e seu momento linear que pode ser definido em módulo como $p = mv$. Se a massa for constante, podemos expressar a 2ª segunda lei por

$$\vec{F}_r = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

logo,

$$\vec{F}_r = m\vec{a} \quad (9)$$

A expressão (8) pode ser reescrita da seguinte forma para o item \vec{F}_r assim:

$$\vec{F}_r = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots \dots \dots + \vec{F}_N = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (10)$$

Para (NETO, 2004) afirma que a primeira lei de Newton decorre da segunda lei de Newton basta fazer $\vec{F}_r = \vec{0}$ na equação (9) mas deve-se observar que a partícula não esteja sujeita a nenhuma interação, assim, o momento linear é constante e é exatamente o que a 1ª lei de Newton estabelece na noção de equilíbrio.

Enfim, vamos conceituar a terceira lei de Newton conhecida como ação e reação que pode ser enunciada da seguinte forma: As forças existem em pares, assim, se um corpo A exerce uma força em um corpo B, o corpo B aplicará a mesma força de mesma intensidade ou magnitude em sentido contrário ao corpo A. Enfatizo que as forças aplicadas em A e B estão em mesma direção, o par de forças geradas são \vec{F}_{AB} e \vec{F}_{BA} . Segundo (TIPLER, 2009), o termo reação e reação é errônea ser citado pois as forças existem em pares, mas quaisquer uma delas pode ser chamada de ação ou reação.

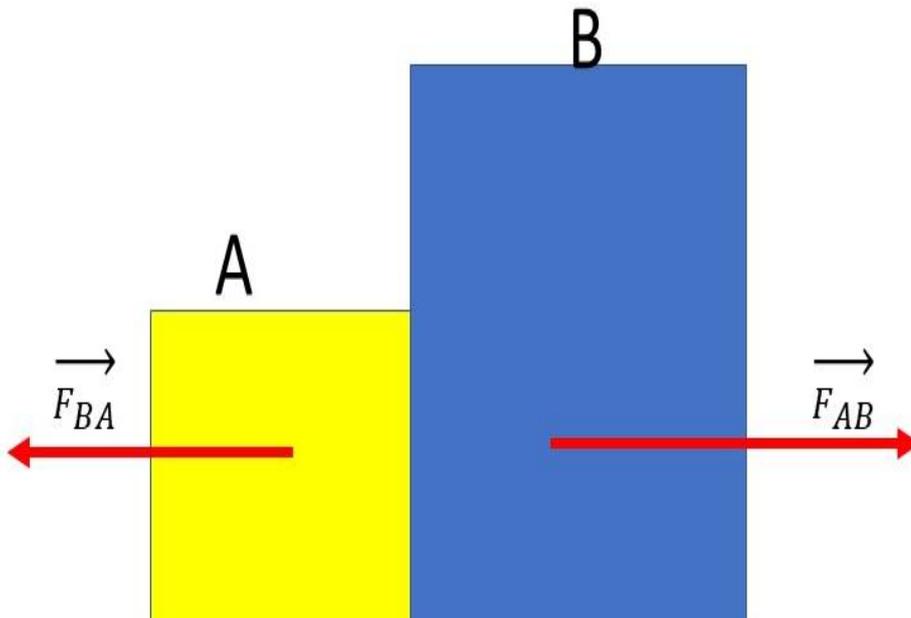


Figura 21 – Terceira Lei de Newton em blocos
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

A terceira lei de Newton apresenta as seguintes características: Mesma direção, sentidos opostos, mesmo módulo, mesma natureza, podendo ser de contanto ou de campo da situação ilustrativa acima podemos dizer que.

$$\left| \vec{F}_{AB} \right| = \left| \vec{F}_{BA} \right| \quad (11)$$

A terceira lei de Newton é aplicada na interação entre dois corpos de massas diferentes como é caso de um sistema Sol e Planeta, Planeta e Satélite ou um objeto na superfície de um planeta.

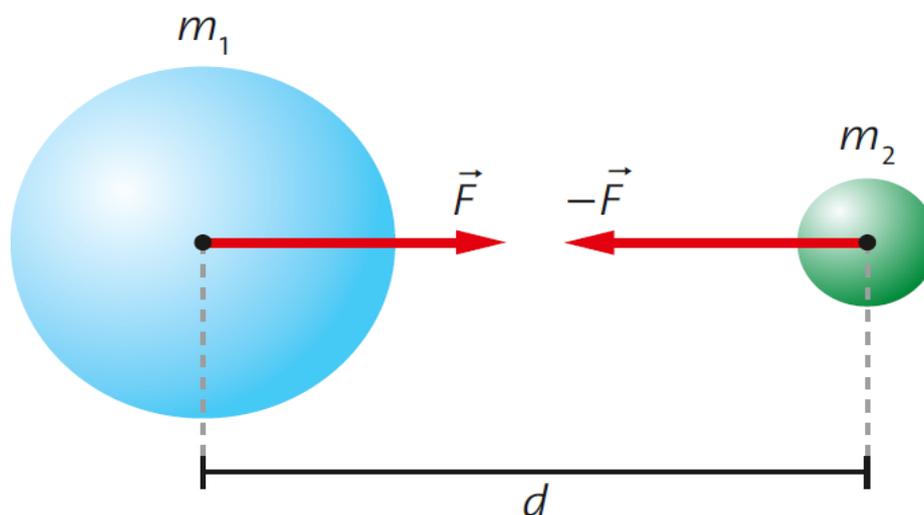


Figura 22 – Terceira Lei de Newton entre dois corpos
Fonte: GUIMARÃES, et al. 2016.

3.4 Leis de Newton e Algumas Aplicações para a Astronomia

A primeira lei de Newton define os chamados referenciais inerciais onde as leis de Newton são válidas. Ao discutirmos sobre os modelos planetários não detalhamos sobre quais foram os referenciais usados para a dança dos astros conhecidos. Naquela época, no entanto para o modelo geocêntrico, usou-se o referencial denominado o sistema horizontal local onde a observação é feita na superfície da Terra para o modelo heliocêntrico as estrelas fixas ou a esfera celeste

De acordo com (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008), os modelos geocêntrico e heliocêntrico estão corretos, a única diferença entre estes modelos são a escolha do referencial. De fato, para um observador que está na Terra as trajetórias são descritas pelo modelo de Ptolomeu. O sistema desenvolvido por

Ptolomeu põe um observador no Sol assim fica mais óbvio observar as trajetórias dos planetas. Enfatizo que se deve desprezar o movimento de rotação e translação do Sol para o observador analisar o movimento dos planetas. O conceito de estrelas fixas segundo (KAZUHITO, et al,1988, p. 167) “estrelas cujas as posições, não sofreram alterações perceptíveis ao longo de vários séculos de observação astronômica”.

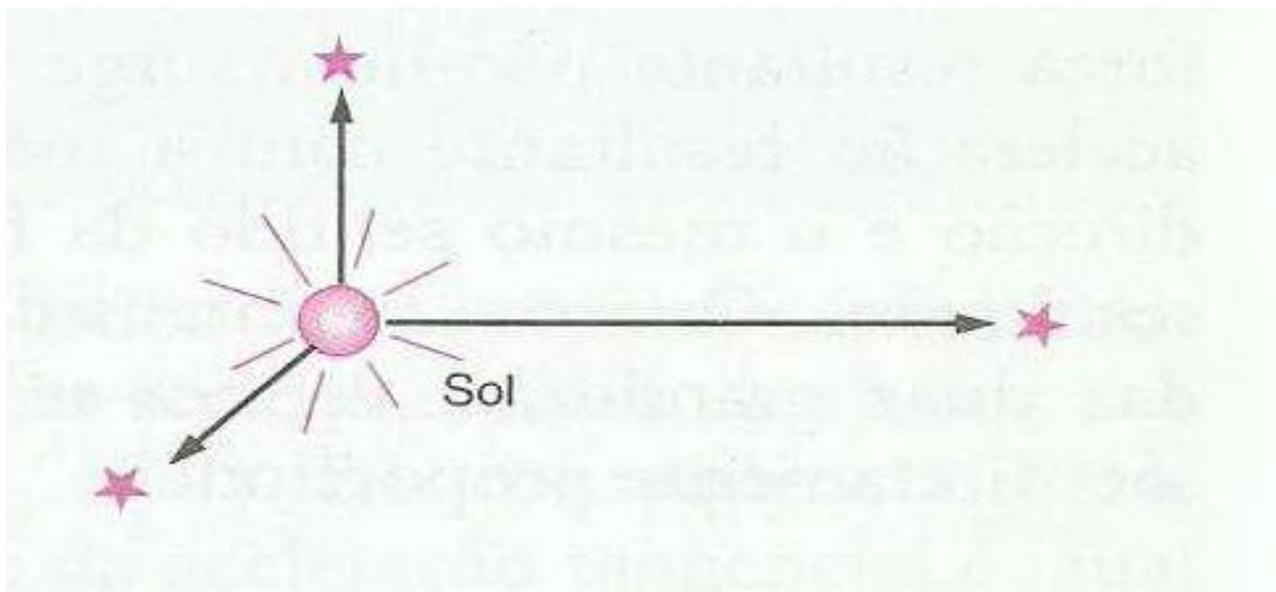


Figura 23 – Referencial de Copérnico
Fonte: KAZUHITO, et al,1988.

Na verdade, o que causa ainda indagação na verdade as estrelas fixas se movem sim ou não? Na verdade, temos duas concepções de acordo (BISCH, 2012) a primeira é que as estrelas próximas ao Sol se movem, o que acontece então para observarmos as outras estrelas paradas, na verdade as ordens de grandezas do universo são extremamente grandes ao observarmos uma estrela podemos estar observando talvez ou seu passado.

O que acontece é que, devido a imensa distância a que estão situadas, mesmo que o deslocamento que elas sofram, digamos em um ano, seja de alguns bilhões de quilômetros, como a distância das estrelas, mesmo as mais próximas, e da ordem de dezenas de trilhões de quilômetros (BISCH, 2012, p.17).

O conceito de inércia está relacionado a primeira 1ª e a segunda 2ª lei de Newton, se aplicarmos o conceito de massa nos corpos de grande escala, como é caso do Sol e de Júpiter, podemos dizer que estes astros possuem

menor tendência de movimento, ou seja, maior inércia. Assim, seu movimento de rotação é prolongado. Quando o objeto é mais denso, apresentará dificuldade em girar em torno de si. Acrescento que o Sol como apresenta maior massa que os outros astros do sistema Solar a tendência que o Sol tende de atrair os outros astros em sua direção.

A terceira lei de Newton está presente no equilíbrio entre os pares de forças que existem entre sistemas por exemplo Sol e Terra ou Terra e Lua, ou seja, a força em módulo que a Terra aplica na Lua é a mesma força em módulo que a Lua aplica na Terra, porém em sentidos diferentes. Lembrando que a força gravitacional é uma força que depende da distância do corpo A ao corpo B.

3.5 Gravitação Universal para Órbitas Circulares

Newton lançou a teoria da Gravitação Universal com a ideias de que há interação entre dois corpos devidos suas massas. Para chegar à Lei da Gravitação Universal Newton mostrou seis teoremas conforme as leis de Kepler e definiu força central. Segundo (BOCSKO,1984), os teoremas que Newton escreveu são os seguintes:

- i. Sob a influência de uma força central, todos os corpos se deslocam num plano, e raio vetor do corpo “varre” áreas iguais em tempos iguais.
- ii. Se um corpo se desloca num plano segundo uma curva tal que o raio vetor “varre” áreas iguais em tempos iguais, então esse corpo está sujeito a uma força central
- iii. Se um corpo se desloca sob a ação de uma força central de centro, essa força é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

$$F \propto \frac{1}{d^2} \quad (12)$$

- iv. Quando vários corpos se deslocam em elipses sob o efeito de uma força central S, variando uma força com o quadrado do inverso da distância entre Corpo e S, então os quadrados dos períodos são proporcionais aos cubos do semi-eixos maiores das elipses:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \quad (13)$$

- v. Se vários corpos giram em torno de um centro S de forças num movimento circular uniforme então os corpos são atraídos para o centro S com forças inversamente proporcionais ao quadrado dos raios das órbitas

$$T^2 \propto a^3 \quad (14)$$

- vi. Toda partícula externa a uma esfera (Maciça ou oca) homogênea na parte material é atraída para o centro dessa esfera com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o corpo e o centro da esfera.

Através dos teoremas I e V podemos considerar um planeta sob a ação de uma força central, temos um movimento circular e uniforme logo a órbita é circular.

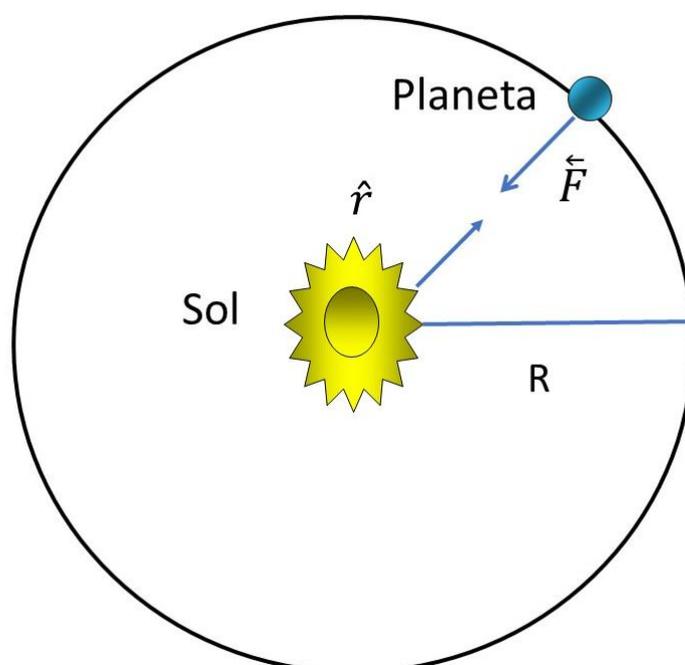


Figura 24 – Sistema Sol e Planeta para uma órbita circular
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Como o movimento é circular neste caso temos uma força centrípeta que provoca uma aceleração centrípeta em uma órbita circular de raio R com velocidade angular ω “A força centrípeta, que mantém um planeta em sua órbita, é devido á atração do Sol sobre este planeta” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p.212).

A aceleração centrípeta a_c do planeta é dada pela seguinte expressão

$$a_c = \frac{v^2}{R} \quad (15)$$

Da expressão (9) da segunda lei de Newton e combinando com a expressão (15) vamos obter

$$\vec{F} = -m \frac{v^2}{R} \hat{r} = -m\omega^2 R \hat{r} \quad (16)$$

onde \hat{r} é o vetor unitário na direção radial e m a massa do planeta.

Substituindo $\omega = 2\pi/T$ na eq. (16), ficamos com:

$$\vec{F} = -m \left(\frac{4\pi}{T^2} \right)^2 R \hat{r} \quad (17)$$

Usando a 2ª lei de Kepler em (17), Newton escreveu

$$\vec{F} = -m \left(\frac{4\pi}{R^2} \right)^2 K \hat{r} \quad (18)$$

Assim, Newton conclui que a força gravitacional varia inversamente com o quadrado da distância do planeta ao Sol, pelo teorema III a expressão (18) é proporcional a massa do Planeta e pela terceira lei de Newton, o planeta exerce uma força igual e contrária sobre o Sol, a qual deve ser proporcional a massa do Sol.

A partir da terceira lei de Newton é possível observar que a força gravitacional é mútua, as atrações que dois corpos exercem um sobre o outro são sempre iguais, embora exercem direções diferentes. Newton ao analisar o movimento circular com base em seus teoremas forneceu uma expressão para a medida quantitativa da força centrípeta necessária para desviar um corpo em movimento do seu caminho reto para um determinado círculo.

Quando Newton substitui por essa expressão a terceira lei de Kepler fornece a força centrípeta, onde essa força deve diminuir com o quadrado da distância que separa o planeta ao Sol. Com esses argumentos Newton construiu o seguinte raciocínio conforme (GUIMARÃES, et. 2016. p.218) “Matéria atrai Matéria na razão direta das massas e inversa do quadrado da distância” esse é o enunciado da Lei da Gravitação Universal que pode ser descrita pela figura 25 abaixo.

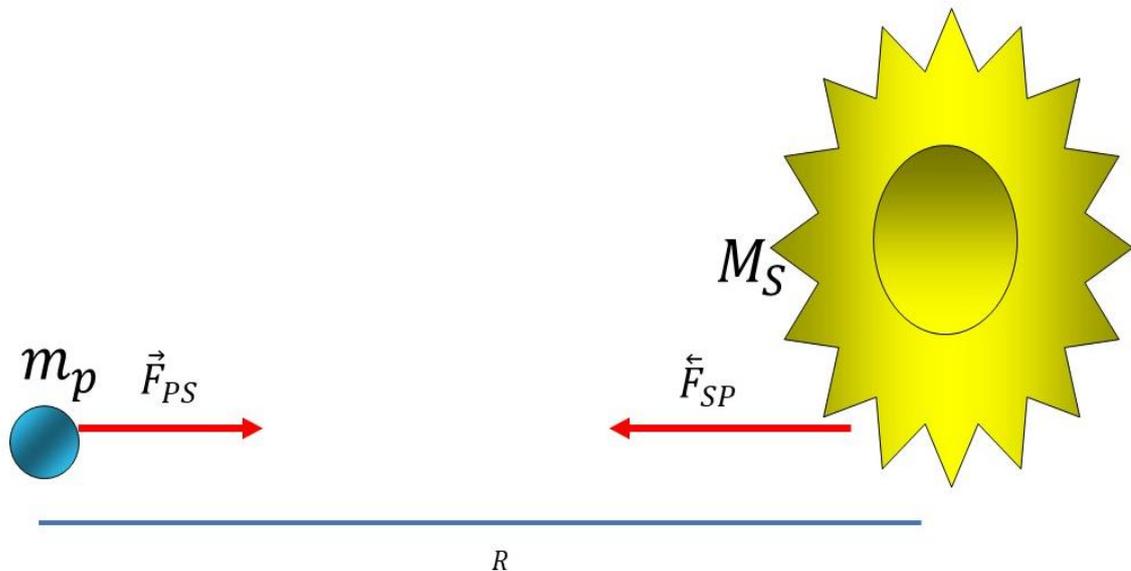


Figura 25 – Força Gravitacional entre um Sistema Sol e Planeta
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Pela terceira lei de Newton temos que o planeta aplica uma força no Sol e Sol aplica uma força de mesma magnitude mais em sentido contrário $\vec{F}_{PS} = -\vec{F}_{SP}$. Em modulo vamos obter que: $|\vec{F}_{PS}| = |\vec{F}_{SP}|$.

Por fim, pelo enunciado da lei da Gravitação Universal, vamos escrever a seguinte expressão:

$$\vec{F}_g = G \frac{m_p M_s}{R^2} \hat{r} \quad (19)$$

Podemos reescrever (19) da seguinte forma em módulo:

$$|\vec{F}_{PS}| = |\vec{F}_{SP}| = G \frac{mM}{R^2} \quad (20)$$

Da equação (20) podemos dizer que m é a massa do planeta, M é a massa do Sol e G é a constante gravitacional cujo valor é igual $G \cong 6,67 \times 10^{-11} \frac{N^2 \cdot m^2}{kg^2}$.

As intensidades de \vec{F}_{PS} e \vec{F}_{SP} são diretamente proporcionais ao produto das massas m_p e M_s , mas são inversamente proporcionais à distância R . Sabendo que a força é inversamente proporcional a distância R , analisamos a seguinte tabela.

Tabela 3 – Força gravitacional em função de R

	R	2R	3R	4R
DISTÂNCIA				
FORÇA	F	F/4	F/9	F/16

Fonte: Adaptado de Doca, et al, 2016.

A tabela acima esclarece que a intensidade da força varia de acordo com os quadrados das distâncias quando $R = 1$ a força é F , mas quando $R = 2$, a força cai no fator $F/4$ e assim para os outros valores de $3R$ e $4R$. Conclui-se a força gravitacional cai a partir da distância R . Vejamos o gráfico que representa a variação da força conforme a distância abaixo:

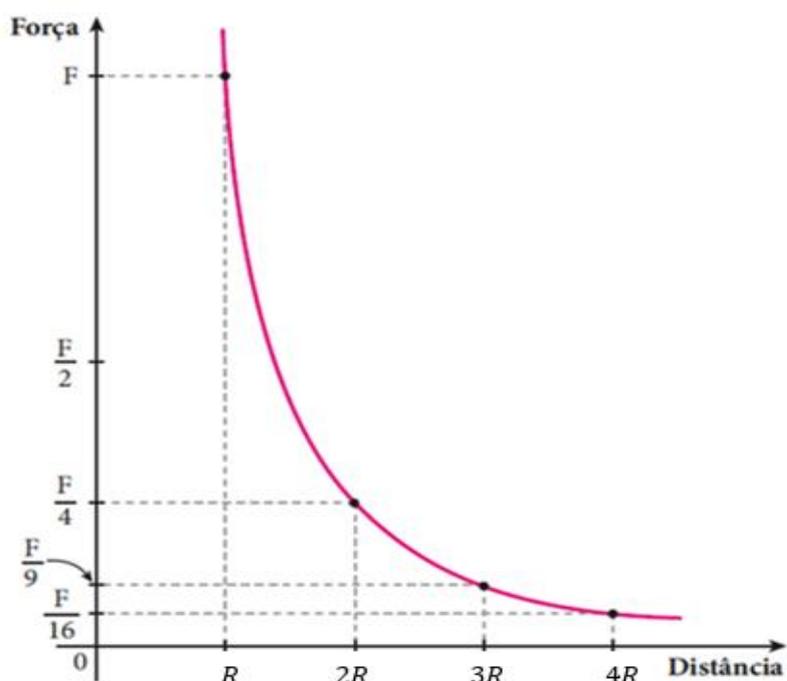


Figura 26 – Gráfico da força Gravitacional em função da distância

Fonte: Doca, et al, 2016.

A força gravitacional é classificada com uma força que depende da distância e não é necessário o contato entre os corpos massivos. Outra característica da força gravitacional é sua atração, ou seja ela é atrativa, porém, a condição para que essa força seja atrativa, deve-se que pelo menos uma das massas seja muito maior de que outro corpo de massa, pelo nosso exemplo $M_s \gg m_p$.

Newton combinou suas três leis do movimento e a lei da gravitação Universal para deduzir as leis empíricas de Kepler. Na verdade Newton verificou que na cinemática de Kepler havia força envolvida e por sua vez dinâmica.

3.5 1 A Terceira Lei de Kepler na Reformulação Newtoniana

Vamos supor que temos um sistema isolado com apenas dois corpos de massa m_1 e m_2 em órbita circular, submetido a ação da força gravitacional mútua. Os corpos orbitam em um centro de massa (CM) cujas as distâncias a esses centros são r_1 e r_2 conforme a figura 27.

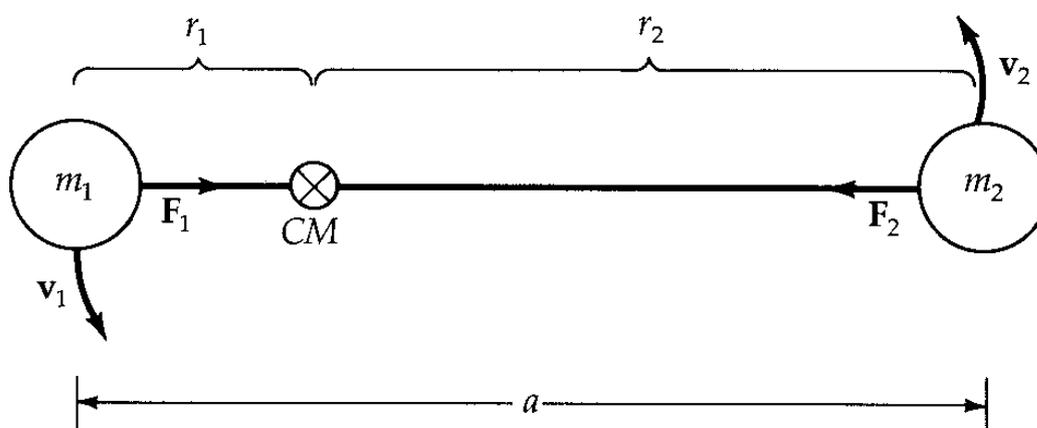


Figura 27 – Dois corpos de massas diferentes com mesmo período
Fonte: GREGORIO-HETEM & JATINHO-PEREIRA, 2010.

Uma vez que a força gravitacional atua ao longo da linha imaginária que os une, ambos os corpos completar uma órbita de mesmo período T , mas os corpos apresentam velocidades diferentes para uma órbita circular. Sabe-se que o período é escrito pela seguinte expressão abaixo:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \Rightarrow v = \frac{2\pi r}{T} \quad (21)$$

A força centrípeta necessária para manter as orbitas é sem a notação vetorial, dado por

$$F_{cent} = \frac{mv^2}{r} \quad (22)$$

Aplicando a lei da Gravitação Universal para o problema discutido acima ficamos com:

$$F_{grav} = G \frac{m_1 m_2}{a^2} \quad (23)$$

Para o corpo de massa m_1 escrevemos (22)

$$F_1 = \frac{m_1 v_1^2}{r_1} \Rightarrow \frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T_1^2} \quad (24)$$

e para o corpo de massa m_2 aplicamos temos

$$F_2 = \frac{m_2 v_2^2}{r_2} \Rightarrow \frac{4\pi^2 m_2 r_2}{T_2^2} \quad (25)$$

Fazendo $F_1 = F_2$ pela terceira Lei de Newton, vamos calcular o centro de massa como os corpos apresentam mesmo período vamos ter que

$$\frac{m_1 4\pi^2 r_1}{T^2} = \frac{m_2 4\pi^2 r_2}{T^2} \Rightarrow m_1 r_1 = m_2 r_2 \quad (26)$$

O corpo de massa maior permanece mais próximo do centro de massa, onde $a = r_1 + r_2 \Rightarrow r_2 = a - r_1$. Da equação (26), obtemos

$$r_1 = \frac{a m_2}{(m_1 + m_2)} \quad (27)$$

Como $F_{grav} = F_1 = F_2$, pela terceira lei de Newton vamos obter as seguintes expressões

$$F_{grav} = \frac{m_1 4\pi^2 r_1}{T^2} \Rightarrow T^2 F_{grav} = m_1 4\pi^2 \frac{a m_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$T^2 G \frac{m_2 m_1}{a^2} = 4\pi^2 \frac{a m_2 m_1}{(m_1 + m_2)}$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \right) a^3, \text{ ou}$$

$$T^2 = K a^3 \quad (28)$$

onde $K = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}$.

A razão $\frac{T^2}{a^3}$, só é constante se a soma das massas permanece constante.

Um bom exemplo podemos citar é caso do sistema Solar. Como todos apresentam massa muito menor do que a massa do Sol, se pensarmos da seguinte forma, a massa do Sol somada com a massa de um planeta é sempre aproximadamente a mesma devido a massa do Sol ser muito maior que a massa

do planeta. Kepler por sua vez ao formular sua terceira Lei não percebeu as dependências das massas, (KEPLER; et al, 2020).

3.5.2 Aplicação Calculando Massa do Sol Sistema Sol e Terra

Vamos considerar o sistema Sol e Terra então como exemplo de aplicação da equação (28) vamos calcular a Massa do Sol (M_{\odot}). Podemos dizer se somar a massa da Terra (m_{\oplus}) com a Massa do Sol ($M_{\odot} + M_{\oplus}$) sempre será a massa do Sol, isso quer dizer que a Massa do Sol $M_{\odot} \gg M_{\oplus}$ então, reescrevendo (28) temos que:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \right) a^3 = \frac{4\pi^2}{GM_{\odot}} a^3 \quad (29)$$

sendo $T = 3,16 \cdot 10^7 s$ (segundos) período sideral da Terra em Torno do Sol, $G = 6,67 \cdot 10^{-8} cm^3 g^{-1} s^{-2}$ e $a = 1,5 \cdot 10^{13} cm$ a distância entre o Sol e Terra, então da eq.(29) obtemos.

$$M_{\odot} = \frac{4\pi^2}{G T^2} a^3 = \frac{4\pi^2 (1,5 \cdot 10^{13})^3 cm^3}{6,67 \cdot 10^{-8} cm^3 g^{-1} s^{-2} (3,16 \cdot 10^7)^2 cm^3 g^{-1} s^{-2} s^2}$$

$$M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30} kg \quad (30)$$

3.5.3 A Terceira Lei de Kepler no Ensino Médio para Órbitas Circulares

Para verificar isso supomos o Planeta Terra em uma órbita, circular submetido a força Gravitacional do Sistema Sol e Terra

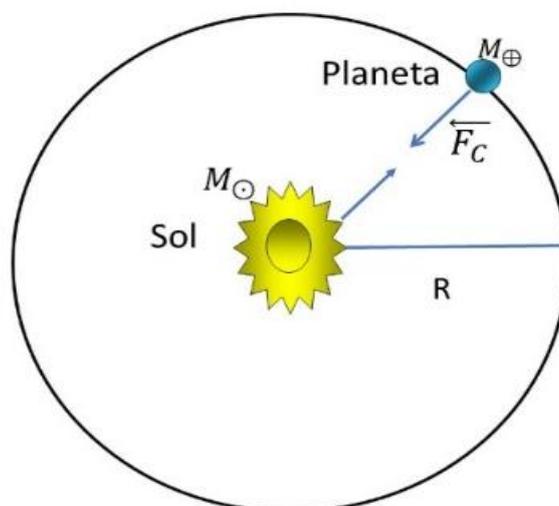


Figura 28 – A terceira Lei de Kepler para órbitas circulares
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Aplicando a 2ª Lei de Newton no Planeta temos a seguinte expressão em módulo:

$$F = M_{\oplus} a \quad (31)$$

A aceleração centrípeta do Planeta é: $a_c = \frac{v^2}{R}$ e $v = \omega R$ que relaciona a velocidade angular e linear, assim escrevemos $a_c = \omega^2 R$. Inserindo este resultado na expressão (31) vamos obter a força centrípeta F_c em módulo temos que:

$$F_c = m_p \omega^2 R \quad (32)$$

entretanto, a força gravitacional entre o planeta e o Sol em módulo por (20.1) é:

$$F_g = \frac{GM_{\odot}M_{\oplus}}{R^2} \quad (33)$$

Igualando (32) e (33) pela terceira lei de Newton $F_g = F_c$, vamos obter

$$M_{\oplus} \omega^2 R = \frac{GM_{\odot}M_{\oplus}}{R^2} \Rightarrow \omega^2 = \frac{GM_{\odot}}{R^3} \quad (34)$$

Como $\omega = 2\pi/T$ temos, então, a 3ª lei de Kepler escrita na forma

$$\frac{4\pi}{T^2} = \frac{GM_{\odot}}{r^3} \Rightarrow T^2 = R^3 \left(\frac{4\pi}{GM_{\odot}} \right)^2 = K R^3$$

A grandeza entre parênteses é uma constante definida por K que depende apenas da Massa do Corpo do Centro em torno do qual o planeta Terra gira onde $K = \left(\frac{4\pi}{GM_{\odot}} \right)^2$.

3.6 O Módulo do Campo Gravitacional

Na física clássica dizemos que campo é uma região de influência onde atua determinada força (DOCA, et al, 2016), contudo todo corpo massivo apresenta a tendência de construir linhas de campo ao seu redor. Uma das forças fundamentais do Universo é a gravidade. “É desprezível nas interações

de partículas elementares e não tem qualquer papel nas propriedades das moléculas, dos átomos ou dos núcleos atômicos” (MOURA, 2011, p. 14). Existe atração entre corpos de ordem de grandeza de massa iguais ou diferentes como, por exemplo, entre uma bolinha de gude e uma bolinha de ferro, entretanto essa atração é muito pequena que não se percebe.

No universo as ordens de grandeza entre as massas dos astros são diferentes, por exemplo, a ordem de grandeza da massa do Sol é de $10^{30} kg$ em comparação com a da Terra $10^{24} kg$. A interação gravitacional acontece sempre de um corpo de maior massa para um corpo de menor massa, tal que, $M \gg m$, assim interação gravitacional é sempre atrativa. O corpo de maior massa cria ao seu redor linhas de campos que atraem o corpo de menor massa, porém, o corpo de menor massa também apresenta seu próprio campo gravitacional. Para demonstrar o módulo ou a intensidade do campo gravitacional deve saber conceitos de: linhas de força do campo gravitacional, massa gravitacional, raio equatorial e força peso.

As linhas de força um campo gravitacional “são linhas que representam, em cada ponto, a orientação da força que atua em uma partícula submetida exclusivamente aos efeitos desse campo” (DOCA, et. al, 2016, p. 158). O campo gravitacional apresenta maior intensidade nas regiões em que as linhas de campo estão próximas umas das outras, ou seja, próxima à superfície do astro. Caso as linhas de campo estejam afastadas, a intensidade do campo será menor comprada ao campo da superfície assim qualquer objeto que esteja a uma distância da superfície está submetido a um ambiente de microgravidade.

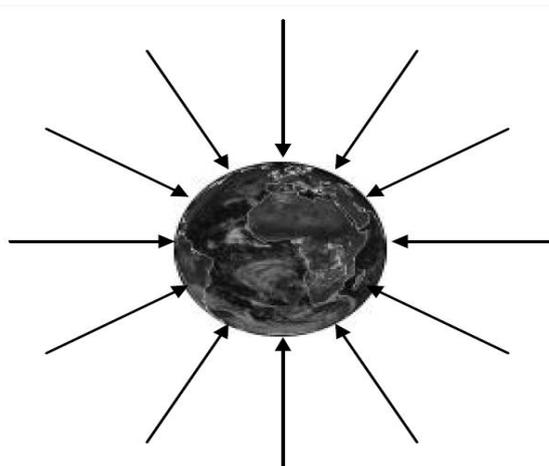


Figura 29 – Modelo das Linhas de Força do Planeta Terra
Fonte: MOURA, 2011, p. 23.

Vamos agora calcular o módulo do campo gravitacional da terra; Supomos que a Terra de Massa M_{\oplus} e R_e raio equatorial exerça uma força de atração gravitacional em corpo de massa m_o corpo de prova localizado em sua superfície, desprezamos o movimento de rotação da Terra

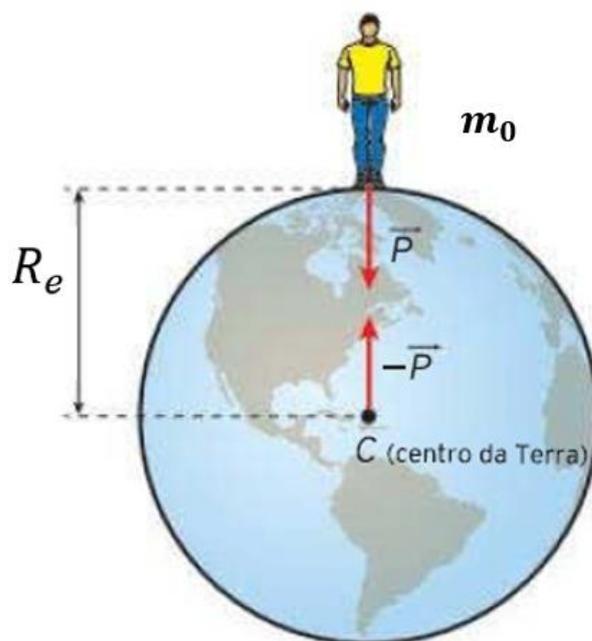


Figura 30 – Força peso aplicado em objeto de massa m_o
Fonte: FUKUI, Ana et al, 2016.

Em módulo a força peso e a força gravitacional se igualam pela terceira lei de Newton, assim: $F_G = P$. Logo, teremos:

$$G \frac{m_o M_{\oplus}}{R_e^2} = m_o g \Rightarrow g = \frac{GM_{\oplus}}{R_e^2} \quad (35)$$

A expressão (35) é a intensidade do campo gravitacional ou aceleração da Gravidade na superfície da Terra. Se aplicarmos a equação (37) para a Terra temos: os seguintes dados: $M_{\oplus} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ e $R_e = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$, logo

$$g \cong 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (36)$$

Se aplicarmos a equação (35) para os outros astros conhecidos vamos obter a seguinte tabela das acelerações da Gravidade da superficial dos planetas onde inserimos plutão ao planeta anão na tabela 5.

Tabela 5 – Aceleração da Gravidade nos seguintes planetas

OBJETO	MASSA kg	RAIO R_e (km)	g (m/s ²)
Mercúrio	0.3302×10^{24}	2.439,7	3,6
Vênus	4.8685×10^{24}	6.051,8	8,6
Marte	0.6418×10^{24}	6.378,14	9,8
Júpiter	1898.6×10^{24}	3.397,2	3,7
Saturno	568.46×10^{24}	71.492	25,9
Urano	86.810×10^{24}	60.268	11,3
Netuno	102.43×10^{24}	25.559	11,5
Plutão	$1,305 \times 10^{22}$	24.746	11,6

Fonte: Adaptado de KAZUHITO, 1998.

É a gravidade que mantém os corpos presos próximos ou na superfície dos planetas. Para corpos de menor massa localizados na superfície o corpo fica preso na superfície, porém qualquer objeto que escape da superfície do planeta por exemplo da Terra fica submetido a um ambiente de microgravidade é o caso dos satélites artificiais.

3.6. 1 Aceleração da Gravidade à Altitude h da Superfície da Terra

Entretanto, quando o corpo se afasta do Planeta ou do astro maior este fica sob o ambiente de microgravidade.

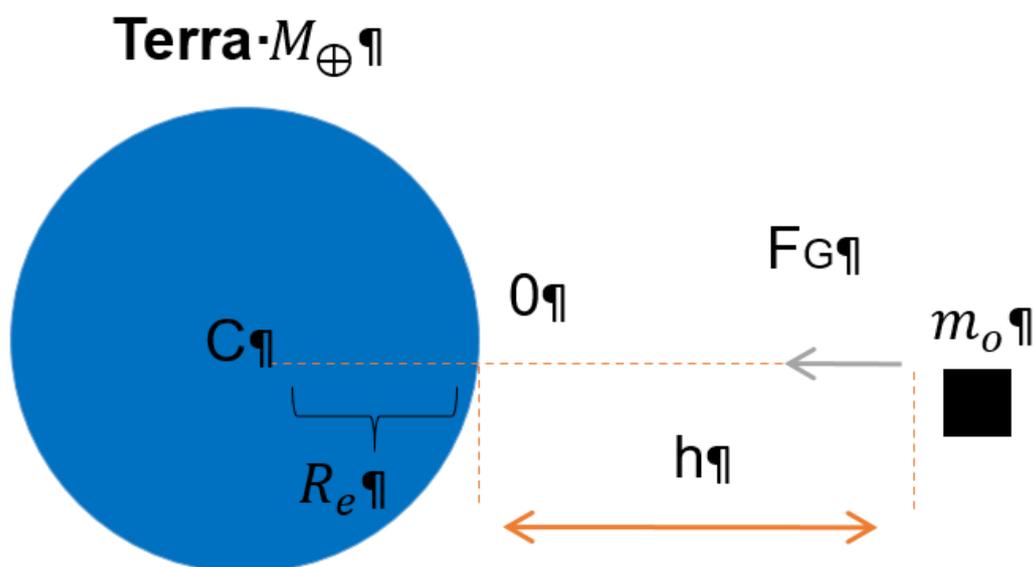


Figura 31 – Objeto em Microgravidade
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Caso o corpo esteja a uma altura h em relação à superfície, o raio equatorial R_e passa a ser $(R_e + h)$ e a aceleração gravitacional é modificada para a expressão (34)

$$g_h = \frac{GM_{\oplus}}{(R_e + h)^2} \quad (37)$$

Combinado (35) e (36), escrevemos.

$$g_h = g \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \quad (38)$$

Nota-se que para $h \ll R_e$ (pequenas alturas), temos $g_h = g$. Portanto, nas proximidades da superfície, a intensidade do campo gravitacional é constante.

Tabela 6 – Variação de g com a altitude, à latitude de 45° , nas proximidades da Terra

$h(\text{km})$	$g(\text{m/s}^2)$
0	9,806
1,0	9,803
4,0	9,794
8,0	9,782
16,0	9,757
32,0	9,708
100,0	9,598

Fonte: KAZUHITO, 1999.

3.7 Astronáutica para Foguetes

Os registros antigos mostram que protótipos semelhantes a foguetes já eram utilizados, onde podemos citar dois objetos o primeiro deles seria o Pombo de Arquitas desenvolvido no ano 300 a.c. esse dispositivo era formado em arames presos impulsionado por ar. Hero de Alexandria também inventou um aparelho chamado de aelolipe, este objeto era parecido com o Pombo de Arquitas. O funcionamento do aelolipe consistia em usar vapor como gás propulsor. Hero montou seu aparelho em uma esfera no alto de uma chaleira, a água se transformava em vapor e o gás percorria até a esfera e os tubos em formato de L inseridos em lados opostos da esfera permitiam que o gás escapasse, e, fazendo que a esfera se movimentasse, (NASA, 2001).



Mecanismo inventado por Hero.

Figura 32 – Mecanismo Inventado por Hera

Fonte: NASA, 2001..

Os pioneiros no desenvolvimento dos foguetes foram os chineses. Criação dos foguetes chineses aconteceu por acidente em festejos do folclórico chinês. O protótipo do foguete chinês se baseava em tubo de bambu inserido dentro do tubo uma vara, onde mistura nitrato de Potássio, enxofre e carvão de acordo com (NOGUEIRA; CANALLE, 2009) os chineses usaram este tipo foguete contra os Mongóles no ano 1232.

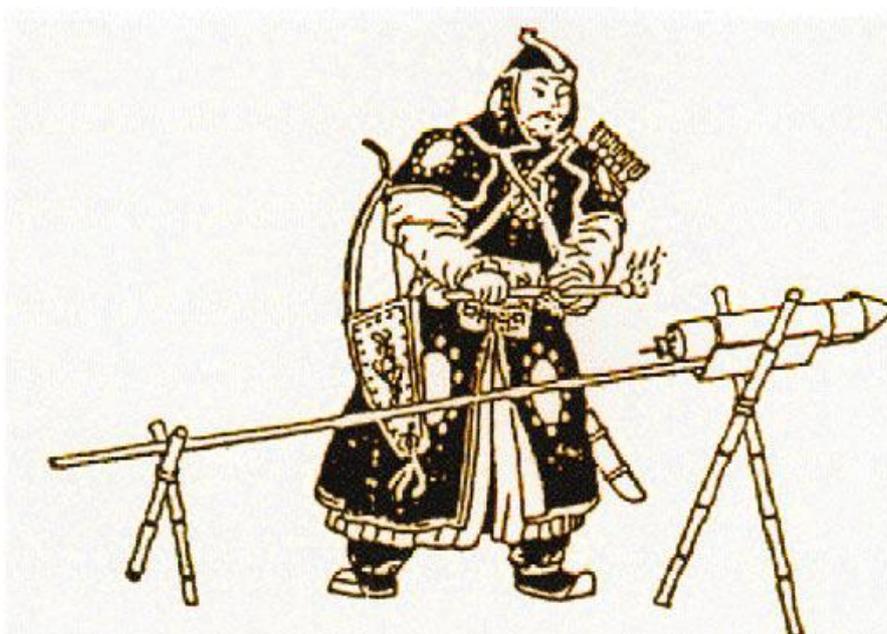


Figura 33 – Foguete Chinês
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

Apesar das contribuições de Galileu sobre o lançamento em queda livre e as leis de Newton já publicadas em 1687 houve um grande intervalo de tempo de 300 anos para os foguetes que conhecemos hoje serem construídos. Houveram vários cientistas que contribuíram para o desenvolvimento teórico dos foguetes.

Os pioneiros no ramo da Astronáutica no desenvolvimento dos foguetes foram os cientistas Tsiolkovsky, Robert H Goddard, Wernher Magnus Hermann Oberth.

Trabalhando independentemente, quase sempre com poucos recursos, eles resolveram problemas de engenharia e demonstraram que foguetes de propulsão química poderiam um dia levar cargas úteis ao espaço (CARLEIAL, 2009, pg.22)

Tsiolkovsky (1857-1935), nascido em Ljevskoe, a 900 quilômetros de Moscou teve uma vida marcado por uma doença aos 10 anos de idade que causou uma perda de sua audição. No entanto Tsiolkovsky não se satisfez com a sua situação mergulhando nos estudos em ciências com os livros de seu pai. Com o passar dos anos Tsiolkovsky demonstrava aptidão para ciências se tornando professor de Matemática na cidade Kaluga Por volta deste tempo o mesmo já escrevia teoricamente como os foguetes poderiam chegar ao espaço.

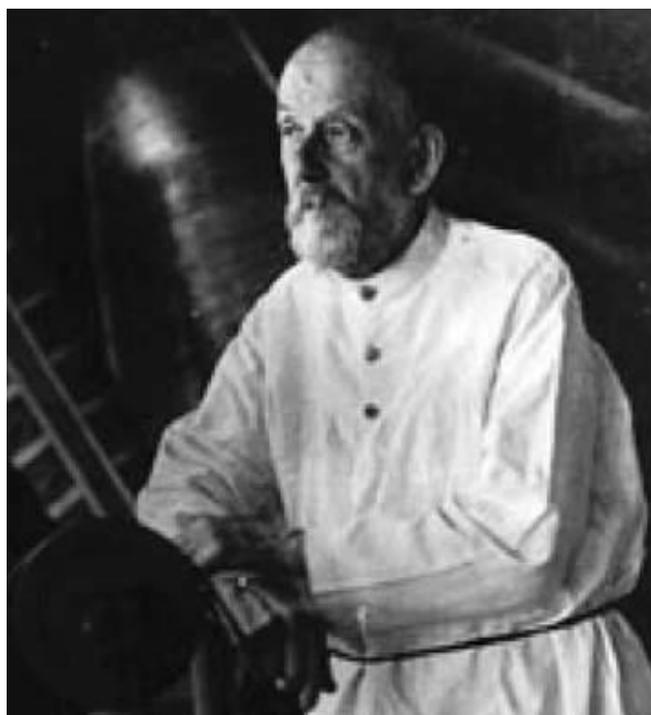


Figura 34 – Uma foto de próprio Tsiolkovsky
Fonte: PREADO,2007.

Em 1873 Tsiolkovsky aos 16 anos muda-se para Moscou com seus trabalhos científicos aceitos na academia de ciências da Comunidade Russa os trabalhos realizados por Tsiolkovsky durante o século XX, forneciam ideias de como utilizar o hidrogênio líquido como combustível, sendo o principal personagem em defender essa ideia. Além disso o russo trabalhou sobre os temas ausência de peso, trajes pressurizados, uso do giroscópio para controle de atitude e velocidade necessária para que um foguete vencer a atração gravitacional da Terra

Segundo (NOGUEIRA, 2009): expõe que Tsiolkovsky considerado o pai da Astronáutica ou denominada Cosmonáutica. O primeiro Foguete de Tsiolkovsky foi no ano de 1915 que usava principalmente hidrogênio, oxigênio líquidos a figura abaixo representa o esquema deste protótipo.

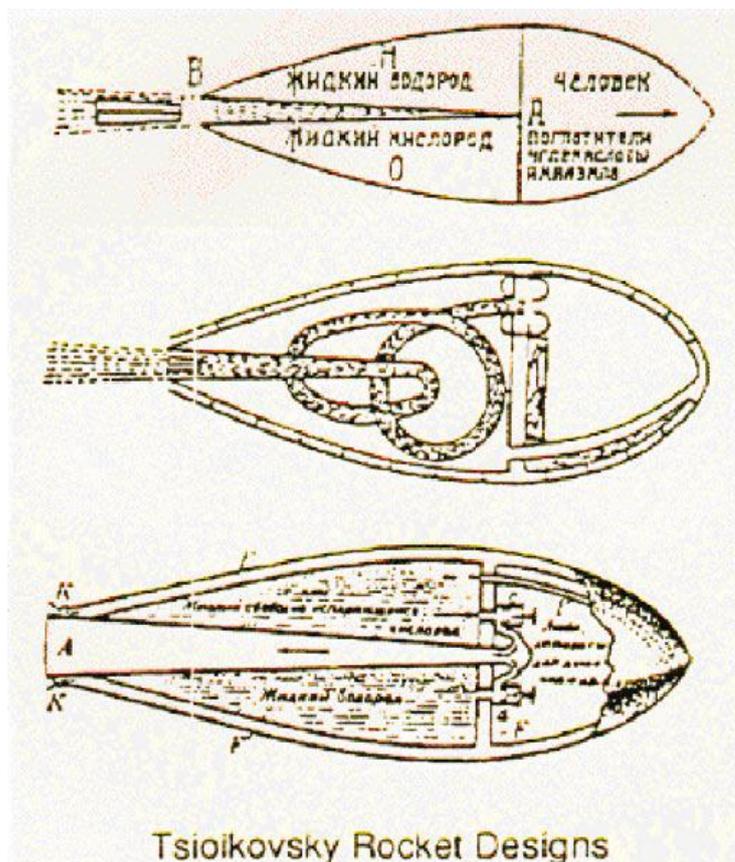


Figura 35 –Foguete de Tsiolkovsky
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

O segundo personagem na área da Astronáutica é o Norte Americano o senhor Robert Hutchin Goddard (1882- 1945), que desde cedo já interessava por ciências e com maior intensidade para a astronáutica. O seu desejo por

foguetes é devido a influência do livro “Guerra dos Mundos” de Herbert George Wells. Para conquistar seus objetivos, Goddard se formou em Física em 1908. Apesar de não muito conhecido no meio acadêmico, em 1919 publicou um trabalho que consistia em um método como atingir altitudes extremas. Neste trabalho Goddard destaca suas pesquisas sobre combustíveis sólidos e líquidos e suas equações matemáticas.

O primeiro foguete deste personagem usava combustível líquido e seu lançamento aconteceu em 16 de março de 1926. O veículo subiu somente 46 metros em 2,5 segundos, e com este experimento ele provou que a propulsão líquida é benéfica para os foguetes. O cientista Americano morreu em 1945 sem ver realização dos seu sonho deixando 214 invenções patenteadas.



Figura 36 – Goddard ao lado do primeiro foguete movido a combustível líquido
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

Wernher Magnus Maximilian Von Braun (1912-1977) alemão e tempos de Hitler (1889-1945) tinha o interesse em usar foguetes. Von Braun quando

garoto participou da sociedade para vôo espacial desde de 1927 realizava experimentos com propulsão líquida e após a primeira Guerra Mundial os alemães foram proibidos de realizar experimentos com foguetes de propelentes. Quem quisesse trabalhar com foguetes deveria se alistar e assim fez Von Braun.

Em parceria com Goddard desenvolveu o foguete V-2 construído no complexo Militar da cidade de Peenemünde. No entanto, o destino do uso deste foguete seria para o uso bélico onde os alemães conseguiram bombardear a Inglaterra em 1944, já no fim da segunda guerra Mundial. No fim deste conflito, vários foguetes não lançados foram aprendidos e Goddard frustrou-se com o uso dos foguetes verificando que existia elementos químicos que o próprio Goddard tinha desenvolvido, assim, o cientista morreu dois meses depois.



Figura 37 – Hermann Oberth e Wernher von Braun, em 1961, nos EUA.
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

Os Estados Unidos da América após a Guerra levaram vários especialistas em foguetes para trabalhar em solo Americano incluindo Herman Oberth (1984-1989) e Von Braun. No entanto a União Soviética, no fim da Guerra interessou-se pela construção de foguetes levando também vários especialistas para a construção de foguetes com o apoio do governo comunistas, assim surge outro personagem na história dos foguetes Sergei Pavlovich Korolev (1907-1966).

Sergei Pavlovich Korolev (1907-1966) nasceu em Zythomyr, parte do império Russo na época, hoje esta região faz parte da Ucrânia. Korolev sempre

tinha o interesse por aviação estudando na escola técnica Escola de Moscou. Em 1929 se graduou em engenharia e a partir de 1933 virou chefe do Instituto de Pesquisa de Propulsão a Jato – RNII. Trabalhando para o governo Comunista participou do lançamento do primeiro foguete movido a combustível líquido.

Seu primeiro foguete seria uma réplica de Von Braun V-2, denominada como R-1, haja visto que esse foguete tinha como principal utilidade ser usado para a guerra. Com os trabalhos de Korolev o governo russo naquela época sonhava em ser os pioneiros no desenvolvimento dessa tecnologia.

O grande trabalho do russo Korolev em foguetes está baseado no desenvolvimento do foguete R-7, onde a partir de 1946, houve vários destes para o funcionamento do R-7 com fracassos. Mas em 1957 o Semioroka, como era conhecido apresentou grandes resultados.

Em menos de dois meses depois no dia 4 de outubro de 1957, os soviéticos usariam um foguete de mesmo modelo para lançar o primeiro Satélite artificial da Terra, o chamado Sputnik 1, com esse acontecimento começava a era espacial.



Figura 38 – Korolev
Fonte: NOGUEIRA; CANALLE, 2009.

3.8 Leis de Newton para o Lançamento Oblíquo

A força gravitacional é aplicada somente no caso em que a altura alcançada pelo objeto no movimento oblíquo obedeça a seguinte condição $y_{m\acute{a}x} \ll R_T$ onde $y_{m\acute{a}x}$ é a altura máxima e R_T é o raio equatorial do planeta Terra assim a altura máxima deve ser muito menor que o raio da Terra.

Esta condição impõe que a força gravitacional é constante no movimento.

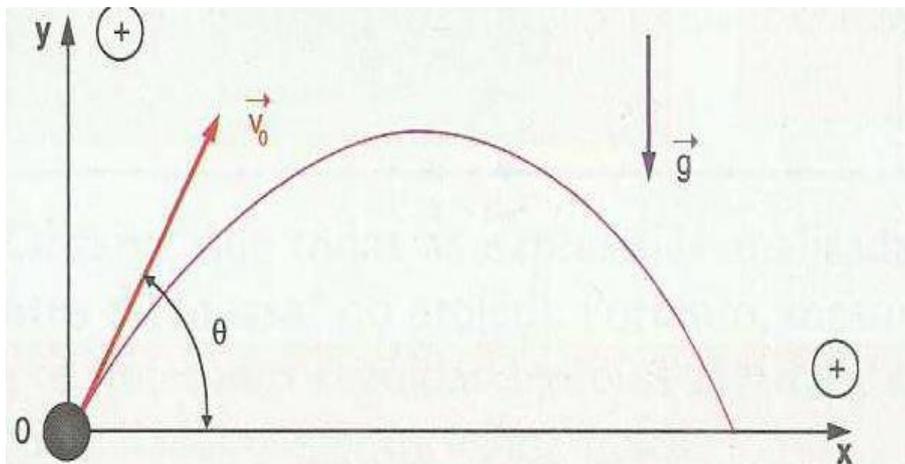


Figura 39 – Referencial Para o lançamento oblíquo
Fonte: KAZUHITO, 1999.

Escolhemos um referencial em um sistema de coordenadas na figura acima com eixos x e y ,

$$\vec{F} = -mg \vec{j} \quad (39)$$

Sendo

$$F_x = 0 \quad (40)$$

$$F_y = -mg \quad (41)$$

Se realizamos a substituição dessas equações na equação fundamental da dinâmica escrevemos:

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \quad (42)$$

A expressão $a_x = 0$, nos diz que ao longo do eixo x , a componente horizontal da velocidade se mantém constante durante o movimento.

A expressão $a_y = -g$ nos diz que o objeto ao percorrer o eixo y a componente vertical da velocidade sofre incrementos sucessivos iguais durante o movimento pois é na direção do eixo y que a aceleração não é nula.

Equações da velocidade para o lançamento oblíquo

Vamos considerar um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais, em que o eixo das abscissas (eixo x) seja paralelo á superfície da Terra e o eixo das ordenadas e o eixo y é perpendicular á superfície. Para determinarmos as equações deve-se decompor o vetor velocidade inicial \vec{v}_0 de lançamento nas componentes v_x e v_y que são dadas por:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \theta \\ v_{0y} = v_0 \sin \theta \end{cases} \quad (43)$$

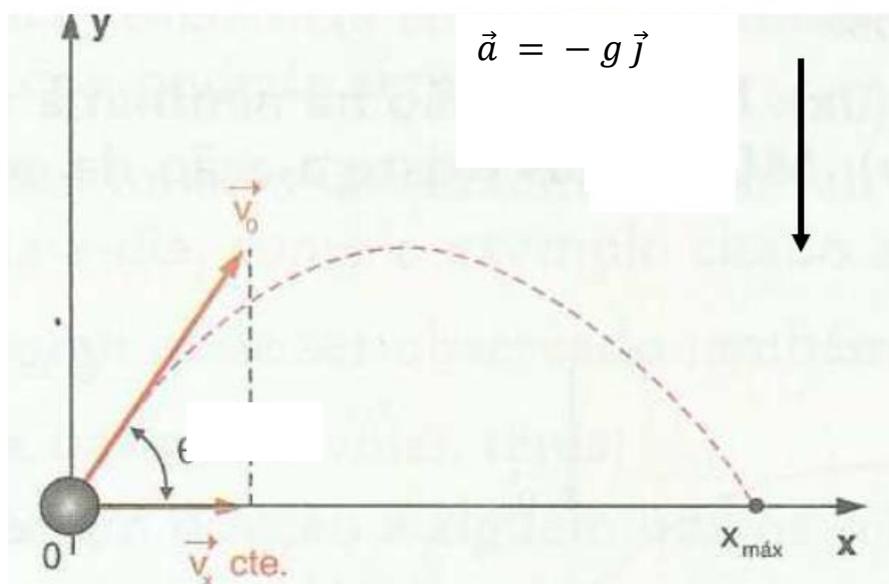


Figura 40 – Lançamento oblíquo verificando as componentes de v_0
Fonte: Adaptado de KAZUHITO, 1999.

Sendo $a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0$, então, ao longo do eixo x teremos.

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta \quad (44)$$

Por outro lado, ao longo do eixo y teremos um MRU, que resolvendo a integral, obtemos

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g \Rightarrow v_y = v_{0y} - gt \quad (45)$$

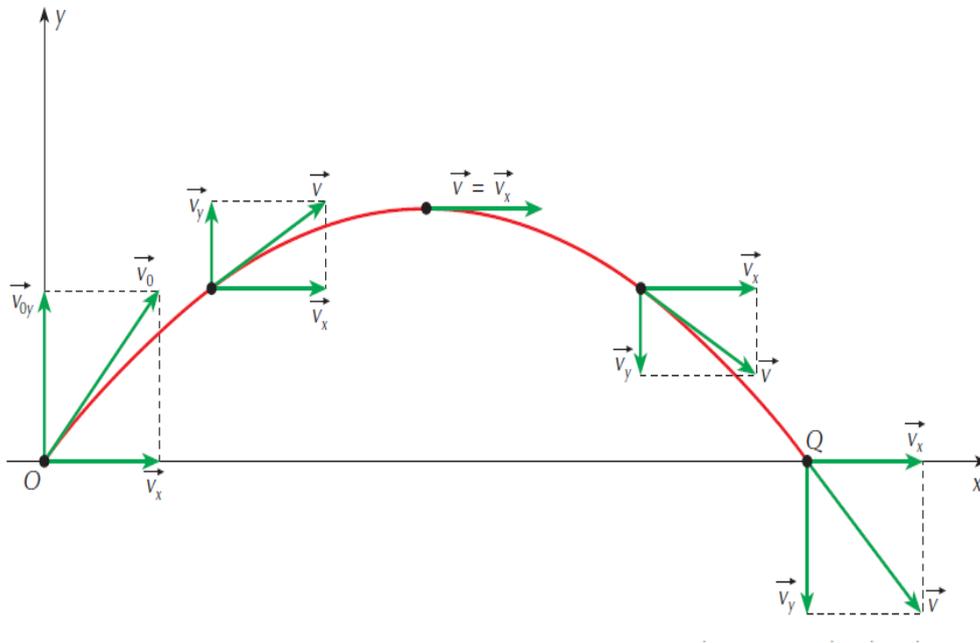


Figura 41 – Mudança da velocidade \vec{v} ao longo dos movimentos MRU e MRUV
Fonte: RAMALHO,2009.

Equações do deslocamento em função do tempo

No eixo x o movimento não apresenta aceleração assim o módulo da componente \vec{x} do vetor deslocamento é dado pela seguinte expressão abaixo

$$x - x_0 = v_{0x}t \quad (46)$$

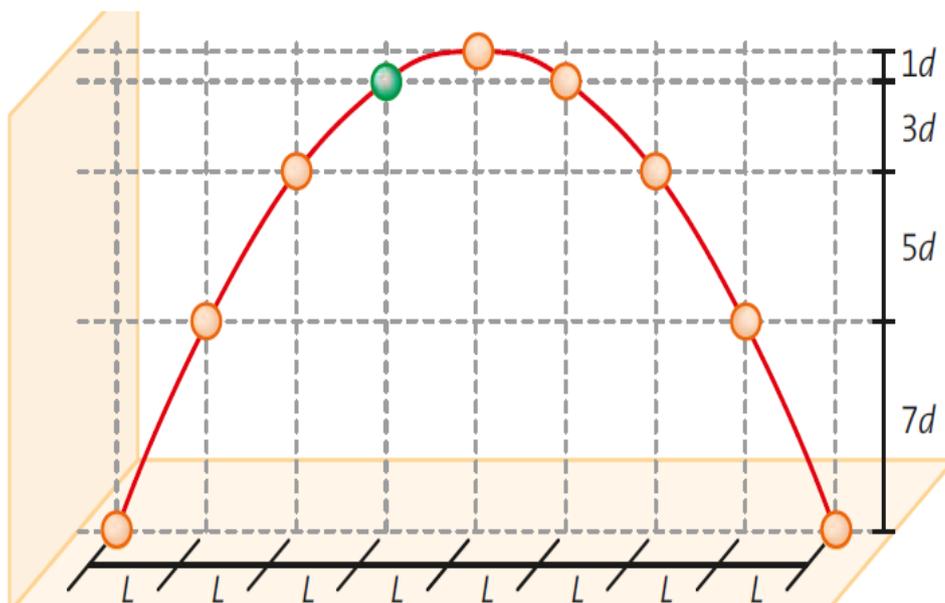


Figura 42 – Deslocamento de um Objeto em MRU E MRUV
Fonte: GUIMARÃES; PIQUEIRA, 2016.

Na direção vertical, o módulo da componente \vec{y} do vetor deslocamento é dado por:

$$v_y = \frac{dy}{dt} = v_{0y} - gt \Rightarrow y - y_0 = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \quad (47)$$

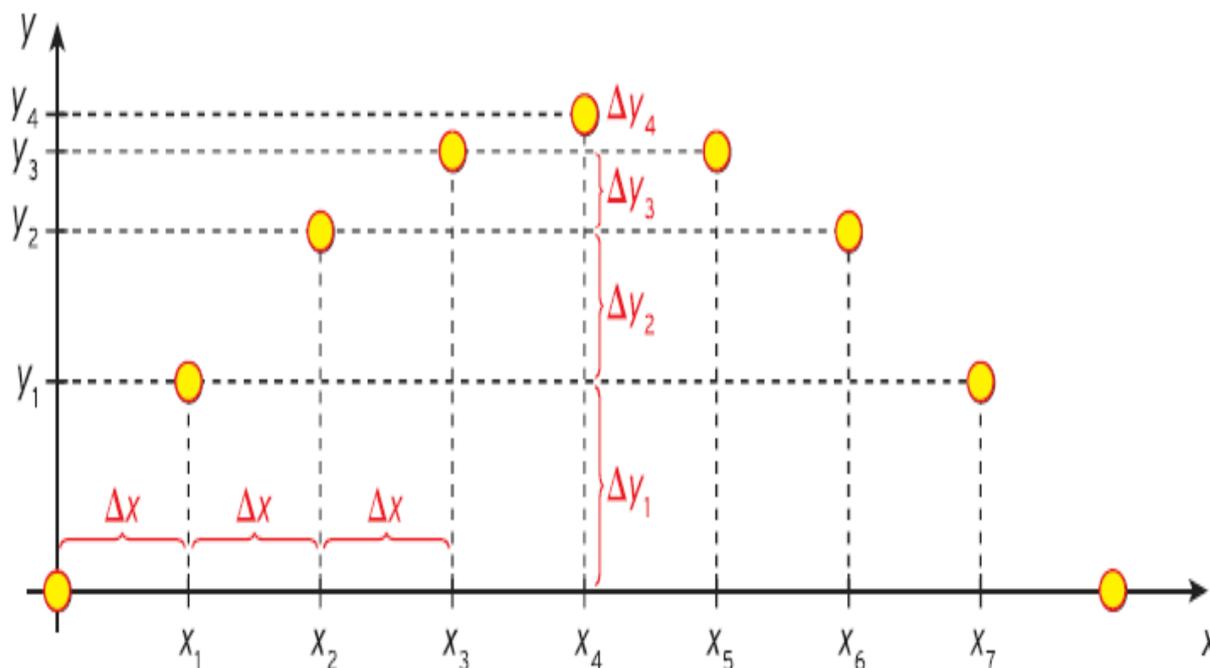


Figura 43 – Análise do Movimento nos eixos x e y do movimento de um objeto
Fonte: FUKU et al I, 2016.

Interpretação Física: Se analisarmos o movimento do objeto no eixo x podemos argumentar que o deslocamento Δx é realizado em intervalos de tempos iguais e são iguais, logo, no eixo x o objeto está em movimento retilíneo uniforme (MRU). Para o movimento no eixo y os deslocamentos apresentam uma diminuição até o ponto máximo, ou seja até a altura máxima, pois na subida, o movimento é considerado retardado, durante o movimento de queda livre, os deslocamentos aumentam agora o movimento é acelerado.

Alcance Horizontal e Altura Máxima

A partir das eqs. (45), (46) e (47) podemos determinar algumas propriedades relevantes do movimento do projétil conforme mostrado na figura 41. Por exemplo, o alcance máximo (x_m) é determinado fazendo as condições $y = 0$ e $x = x_m$. Usando as condições iniciais $x_0 = y_0 = 0$, dá eq. (47) obtemos o tempo total (t_T) do percurso do projétil até atingir o valor de $x = x_m$, ou seja,

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t_T = \frac{2v_{0y}}{g} \quad (48)$$

Substituindo (48) em (46), ficamos com

$$x_m = v_{0x} t_T = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g} = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \quad (49)$$

ou usando a relação trigonométrica $\sin 2\theta = 2\sin \theta \cos \theta$, escrevemos o alcance máximo na forma simplificada.

$$x_m = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta \quad (50)$$

note que o ângulo θ onde tem o seu maior X_{Max} quando corresponder a um valor de $\theta = 45^\circ$.

A outra grandeza interessante é valor da altura máxima y_m , que corresponde a expressão (47) para o instante de tempo t_s de subida onde $v_y = 0$. Da eq. (45), obtemos t_s é dado por:

$$v_y = v_{0y} - gt = 0 \Rightarrow t_s = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{1}{2} t_T, \quad (51)$$

que corresponde à metade do tempo total (t_T). Substituindo em (47), ficamos com:

$$y_m = v_{0y}t_s - \frac{1}{2}gt_s^2 = \frac{v_{0y}^2}{2g} \quad (52)$$

Podíamos ter obtido (52) usando a expressão $v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gy$ que na altura máxima $y = y_m$ corresponde a $v_y = 0$

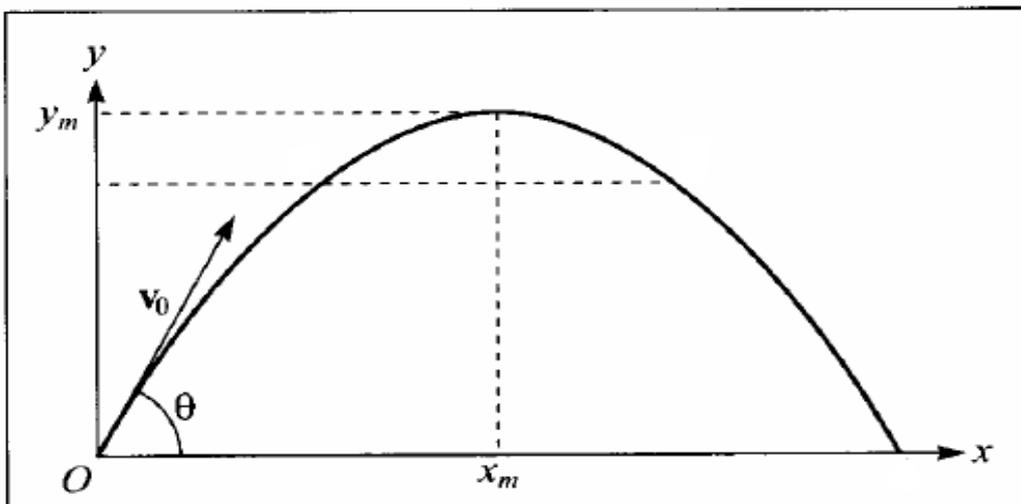


Figura 44 – Alcance máximo e Altura
Fonte: NUSSENZVEIG,2013.

3.9 A Física nos Foguetes

De acordo com (NASA, 2001) um foguete é um dispositivo que se assemelha a uma câmara que contém uma forma de gás sob uma pressão em seu interior. Por acaso, se nesta câmara haver um furo gás começara a escapar promovendo uma força que faz o foguete se movimentar em direção oposta na vertical. No caso dos foguetes modernos sabe-se que estes se movem na direção vertical, no caso do foguete de garrafa PET estes podem se mover em movimento vertical ou oblíquo dependendo da base de lançamento.

A partir de agora vamos aplicar as leis de Newton no movimento dos foguetes a análise do movimento se dá nos instantes de repouso e de movimento vejamos. Enunciamos a 1ª lei de Newton da seguinte forma: Um corpo permanece em repouso quando sua velocidade é constante ou nula e se as forças que atuam no objeto forem nulas. Se caso há forças envolvidas o objeto estará em movimento retilíneo sua velocidade é diferente de zero.

A primeira 1ª lei de Newton tem a ver com dois conceitos, o conceito de equilíbrio e desequilíbrio. O objeto está em equilíbrio estático quando sua velocidade é constante ou nula. Para entender o conceito de desequilíbrio vamos citar a analogia do Manual do professor de Foguetes (NASA, 2001) que diz o seguinte: Suponha que na palma de sua mão tenha uma bola se realizarmos o diagrama de forças nesta bola temos a força normal e força gravitacional que se igualam neste momento a bola se encontra em equilíbrio, ou seja, em repouso. Mas se por hipótese você mexer a sua mão a bola poderá cair, assim, havendo um desequilíbrio nas forças, a bola somente se moveu porque houve um desequilíbrio nas forças que atuam na bola.

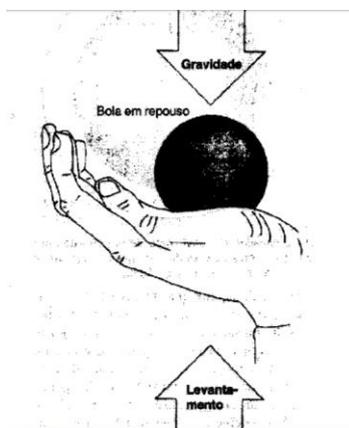


Figura 45 – Forças em Equilíbrio
Fonte: NASA, 2001, p.21.

Para o foguete, as forças, que atuam no movimento do repouso ao movimento do foguete as forças se equilibram e se desequilibram. Primeiro, analisamos o foguete em repouso as forças que atuam no foguete são a força normal e força que puxa o foguete para cima e a força gravitacional empurra para baixo, assim, pela 1ª lei de Newton o foguete na sua base de lançamento apresenta velocidade nula e suas forças estão equilibradas logo a resultante é nula. Quando os gases saem da câmara ou os motores do foguete são ligadas há um desequilíbrio nas forças que atuam, logo, a força de empuxo é maior do que a força peso, e da segunda parte da 1ª lei de Newton, se há forças atuando o foguete estará em movimento retilíneo uniforme variado, já que se encontra no eixo y e o eixo x . Agora vamos enunciar a 2ª lei de Newton conhecida como princípio fundamental da dinâmica, onde o somatório de todas as forças é proporcional ao produto da massa pela aceleração ou seja $\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$

Se aplicarmos esta expressão em módulo para foguete vamos ter a seguinte expressão

$$M_f a_f = m_g a_g \quad (53)$$

Note que o lado esquerdo desta expressão temos a massa do foguete M_f que é a soma das propulsores, massa dos gases, empenhas, motores, entre outros acessórios. Ao lado direito temos somente a massa dos gases m_g e a aceleração dos gases a_g . O foguete ao entrar em decolagem perde uma parte de sua massa na queima em seus propulsores, assim existe, uma redução de massa no foguete. Para que o foguete possa entrar em movimento é necessária uma quantidade de massa suficiente de gases ou uma capacidade máxima da queima dos propulsores. A aceleração do foguete tende aumentar na medida que a massa dos gases ou propulsores é queimada. De acordo com (NASA, 2001) “A quantidade de empuxo (força) produzida por um motor do foguete será determinada pela razão pela qual a massa do combustível da foguete queima e a velocidade do gás que escapa do foguete”.

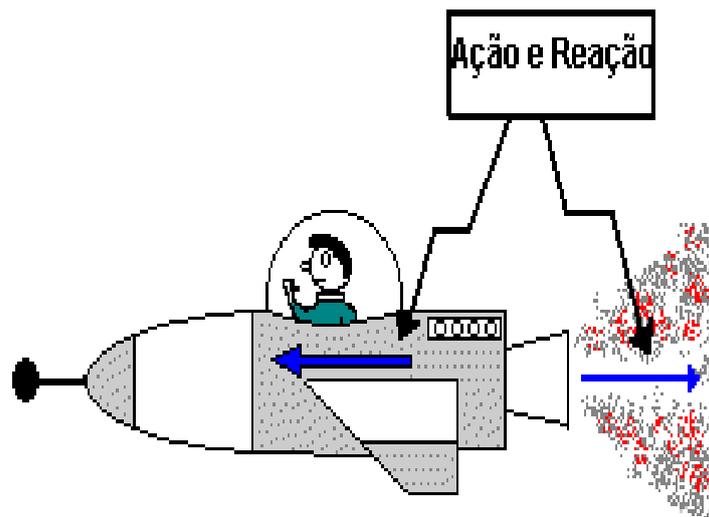


Figura 46 – 2ª e 3ª Lei de Newton em Foguetes
 Fonte: <[Astronáutica | Astronomia, Astronáutica e Ciências Espaciais na Escola \(wordpress.com\)](#)> . Acesso em 30 de março de 2022.

A 3ª Lei de Newton diz o seguinte as forças existem em pares, ou seja, ação e reação, no entanto as forças envolvidas apresentam o mesmo módulo, direção, mas sentidos diferentes, ou seja, opostos essas forças pode-se ser de campo e de contanto. Para o foguete temos a seguinte situação: a aceleração dos motores gerado pela queima dos propulsores gera o que chamamos de empuxo, ou seja, a ação, já o movimento do foguete é a reação. A força de empuxo deve-se maior possível para que o foguete saia do repouso e vença a força peso, se caso o empuxo aplicado for menor ou igual ao peso do foguete o foguete apresentara menor movimento resulta-se menos força para o foguete sair do chão.

Em síntese analisamos as forças em módulo Força Normal (N), Força Peso (P), Empuxo (E), temos

$$P = N \quad (54)$$

Forças em equilíbrio pela 1ª lei de Newton o foguete está em repouso e quando

$$E \leq P \quad (55)$$

e temos forças em desequilíbrio o foguete ainda não se movimento com aceleração suficiente para se mover 2ª lei de Newton é necessária maior quantidade de massas para escapar ou queimar.

$$E > P \quad (56)$$

Forças em desequilíbrio logo a taxa de queima de combustíveis ou maior quantidade de massas escapando pela tubeira (Local onde os gases escapam) é suficiente para haver reação

3.9.1 A Física no foguete de Garrafa PET

As leis de Newton para os foguetes de garrafa PET obedecem ao mesmo princípio para os foguetes modernos, no entanto no foguete moderno temos propulsores e no de PET seu motor é o escape dos gases pela tubeira. Vejamos outros conceitos físicos que são encontrados nos foguetes modernos e nos foguetes de PET.

Centro de massa define-se centro de massa um ponto em que se concentra toda a massa do corpo ou do objeto físico; para um corpo homogêneo que apresenta uma distribuição uniforme de massa o centro de massa coincide com o centro geométrico.

No foguete de garrafa PET dizemos que o centro de massa é o ponto em que este se encontra em equilíbrio. Para testar onde se encontra o centro de massa deve-se amarrar um pedaço de barbante próximo à cabeça do foguete se haver equilíbrio este é o centro de massa. Haja visto que o centro de massa para os foguetes está localizado próximo a cabeça do foguete.

Centro de pressão é o ponto de aplicação das forças aerodinâmicas sobre o objeto. Para o foguete o centro de pressão depende de dois fatores: o primeiro da forma do nariz do foguete e o segundo das aletas que são as asas do foguete assim o centro de pressão surge quando o ar está passando pelo foguete, ou seja, escapando provocando o que vamos chamar de arrasto ou uma resistência maior. Podemos dizer que o centro de pressão se encontra próximo a cauda do foguete.

Força de Arrasto (F_A) é aquela que opõe ao movimento do foguete esta força se origina a partir da resistência que a atmosfera terrestre aplica ao movimento do foguete, que é definida por

$$F_A = C_x \frac{\rho v^2 A}{2} \quad (57)$$

C_x é o coeficiente de Arrasto, ρ massa específica do fluido, v velocidade do foguete em relação ao fluido e A área transversal do foguete (área de referência)

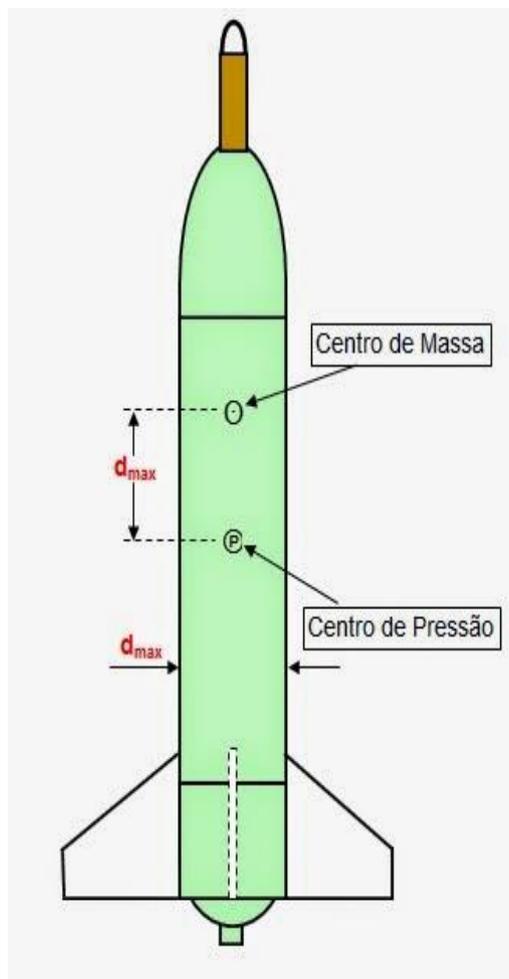


Figura 47 – Centro de Massa e Centro de Pressão do Foguete de Garrafa PET.
Fonte: < [pic-03b.bmp \(328x526\) \(bp.blogspot.com\)](#)>. Acesso em 04 de março de 2021

Empuxo (E) Força que impulsiona os foguetes. A intensidade desta força depende da quantidade e da velocidade dos gases que escapam da tubeira. Os gases que escapam pela tubeira geram a força de empuxo “ação” que desloca o foguete em sentido contrário “reação”. O módulo da força de Empuxo é dado pela seguinte expressão.

$$E = 2a (P - P_a) \quad (58)$$

onde a é a área do orifício de saída boca da Garrafa, P é a pressão interna da garrafa, P_a é a pressão atmosférica. Consideramos o lançamento oblíquo do foguete, com um ângulo α em relação a horizontal, as componentes do empuxo são dadas por

$$\begin{cases} E_x = E \cdot \cos \alpha \\ E_y = E \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (59)$$

Estabilidade dinâmica (E_D)

Para que o foguete possa apresentar estabilidade há dois fatores importantes que devem estar em harmonia o centro de massa e o centro de pressão

$$E_D = \frac{C_P - C_G}{D_{MAX}} \quad (60)$$

onde: C_P é o centro de pressão, C_G é o centro de gravidade, D_{MAX} é o maior diâmetro da Fuselagem do foguete.

O centro de massa deve estar localizado próximo ao nariz do foguete, no entanto, o centro de pressão deve estar próximo a cauda do foguete para que ele voe sob o ângulo de lançamento.

Interpretação Física: Se $E_D > 0$, o foguete apresenta movimento, mas se $E_D = 0$ o foguete é neutro não se movimenta, $E_D \geq 1$ já é o suficiente para que o protótipo apresente estabilidade adquirindo estabilidade dinâmica e por fim se $E_D < 0$ o vôo do foguete é instável.

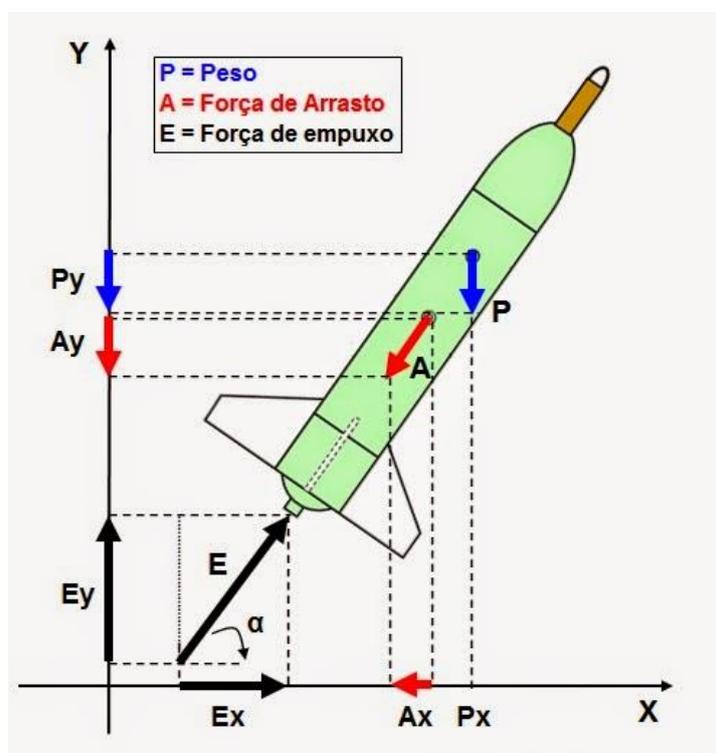


Figura 48 – Forças que Atuam no Foguete de garrafa PET.

Fonte: < pic-07a.bmp (496x552) (bp.blogspot.com) > acesso em 03 de março de 2021

4 TEORIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM.

4.1 Sequência Didática

Sequência Didática (SD) é um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas em etapas pelo professor (KOBASHIGAWA, 2008). Para o professor a sequência didática é uma ferramenta útil pois através desta o docente organiza suas atividades através do eixo temático acrescentando que uma sequência didática está alinhada a uma teoria de aprendizagem.

Segundo (LAVOR; OLIVEIRA, 2023) a sequência didática interativa (SDI) permite que o professor verifique quais os conceitos existentes nos alunos e construir uma SD de atividades que sejam em grupos de acordo com as ideias diagnosticadas, assim os alunos são protagonistas da construção do conhecimento.

A SDI é uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêutico - dialético para identificação de conceito/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e que são associados de forma interativa com teoria de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodológicas, visando a construção de novos conhecimentos e saberes (OLIVEIRA, 2013, p.43).

A sequência didática envolve três fases: Planejamento. Aplicação e avaliação. O planejamento é fundamental para que o professor possa elaborar atividades que venham construir os conceitos, essas elaborações de atividades têm haver com o tipo de material didático a ser aplicado. Uma vez que sendo aplicado este material o próximo passo é avaliação. O que resta ao docente é a reflexão após a aplicação e avaliação se o material didático realmente obteve resultados satisfatórios.

O planejamento racionaliza a inevitável articulação entre as reconstruções conceituais e as metodologias alternativas, a aplicação que materializa a viabilidade e pertinência do material sequenciado disponibilizado aos alunos e a avaliação que por sua vez permite a (re)elaborações necessárias a partir da análise e discussão dos dados (CABRAL, 2017, p.32).

As atividades elaboradas pelo docente devem ser conectadas com a intenção de produzir aprendizagem. Uma vez que cada atividade inserida leva a

construção ou aplicação de um conceito “[..], as sequências didáticas favorecem a oferta da continuidade nos processos educativos dos estudantes, pois garantem que os conhecimentos trabalhados sejam introduzidos, aprofundados e consolidados” (PUHL, et al, 2000, p.2).

4.1.1 As Etapas da Sequência Didática

Segundo (CABRAL, 2017) “O procedimento metodológico de SD é concebido por quatro fases distintas, quais sejam: apresentação da situação de ensino, a produção inicial, os módulos e a produção final”. Na primeira etapa o docente deve descrever a importância de se estudar o saber, mostrando quais os objetivos a serem atingidos no processo de aplicação da sequência didática

Na segunda etapa há um processo de verificação, quais os conhecimentos prévios que existem na estrutura cognitiva dos alunos, isso é verificado por questionários; mapas conceituais; desenhos; histórias em quadrinhos. Para (ARAUJO, 2013) a produção inicial voltada a verificação dos conhecimentos prévios dos educandos é fundamental a partir desta o professor poderá verificar os conceitos existentes na estrutura cognitiva fazer um ajuste em suas atividades planejadas e em fim verificar as dificuldades dos alunos.

Na terceira etapa, envolve um planejamento para a construção de atividades onde podemos dizer que nesta fase há uma sistematização de conhecimentos a serem trabalhados com o objetivo de obter aprendizagem. Para (SILVA; GROENWALD, 2019, p. 6) “As atividades que compõem uma sequência didática devem estar interligadas e apontando para o(s) mesmo(s) objetivo(s), proporcionando, assim, a construção do conhecimento”.

O professor na aplicação da sequência didática prioriza atividades aos seus alunos que permitem o desenvolvimento de conceitos e habilidades motoras e sociais assim “Uma sequência didática não deve somente priorizar atividades cognitivas, mas sim o desenvolvimento de capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social (ZABALA, 1998, p. 30).

A aplicação da sequência didática promove a inserção dos educandos no processo de aprendizagem através do conteúdo e procedimentos, isso depende do material construído pelo professor e seus alunos e esse material poderá ser uma tabela, a construção de um gráfico ou mapa conceitual a realização de uma oficina.

Ao organizar uma sequência didática, o professor pode planejar etapas do trabalho com os alunos e ao mesmo tempo, explorar diversos conteúdos procedimentais como: textos, tabelas, gráficos, práticas de laboratórios simples e adequadas para serem realizadas em sala de aula com material de fácil manuseio. (FRANCO, 2018, p.155).

Na quarta etapa da sequência didática temos o processo de avaliação onde o docente irá perceber que os alunos assimilaram os conceitos ao produzir questionamentos, promoveram o trabalho em grupo e por fim formaram opinião de valor sob o conteúdo. “Após os módulos, segue-se a quarta fase - a produção final, na qual o aluno coloca em prática os conhecimentos adquiridos e, juntamente com o professor, avaliam os progressos alcançados” (CABRAL, 2017, p.34).

As etapas que compõe a sequência didática acima descritas são fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem. Para o ensino a SD é uma ferramenta que contém planejamento abrangendo várias aulas e atividades com metodologias diferenciadas. Na aprendizagem, os educandos são inseridos a realizarem atividades que contenham significados. “Assim, a SD se propôs a inserir o aluno na participação do processo de ensino aprendizagem, de forma a respeitar seus limites e possibilidades “ (CRIVELARO, 2019, p.8).

4.1.2 O Papel do Professor em Propor uma Sequência Didática

Segundo (BATISTA, 2019) o docente ao propor uma sequência didática deverá seguir os seguintes tópicos: Promover um debate produtivo entre os grupos de alunos; Construir um ambiente propício para que ocorra o ensino e aprendizagem; Discutir com os alunos a importância de cada recurso didático utilizado durante a sequência didática; Estabelecer relações entre um recurso didático com os documentos oficiais e com as teorias de aprendizagem.

O papel do professor, portanto é o de planejar, selecionar e organizar os conteúdos, programar tarefas, criar condições de estudo dentro da classe, incentivar os alunos para o estudo, ou seja, o professor dirige as atividades de aprendizagem dos alunos a fim de que estes se tornem sujeitos ativos da própria aprendizagem. (LIBÂNEO, 2011, p.3)

Ao aplicar a SD o docente provoca aos alunos indagações em suas atividades assim as atividades levam a um debate produtivo entre os grupos de

alunos. De acordo com essa afirmação (UGALDE; ROWEDER, 2020, p3) expõe que

[...]ao planejar uma sequência didática, também deve-se levar em conta os diálogos e relações interativas entre professor/aluno e aluno/aluno, observando as influências dos temas ou conteúdos nessas relações, bem como o papel de todos no desenvolvimento das atividades [...]

O recurso didático é um fator relevante para o processo de aplicação da SD assim o docente deve discutir com os alunos a importância de ter em suas aulas todos os materiais possíveis para uma determinada atividade. Nas palavras de (FREITAG, 2017), o professor quando utiliza diferentes recursos didáticos ele minimiza a rotina das aulas tradicionais e transforma a aula mais atraente buscando novos resultados.

4.2 A Teoria de Ensino e Aprendizagem de David Ausubel

. Ao ensinar qualquer conteúdo o docente deve realizar um diagnóstico dos conhecimentos prévios de seus alunos ao realizar esse levantamento o professor deve saber sobre as potencialidades dos alunos, quais são os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva. O docente propõe trabalhar com os alunos essas carências conceituais e matemáticas além disso pretende-se construir novos conceitos com os alunos com conceitos já existentes, isso decorre da Teoria de Ensino e Aprendizagem de David Ausubel (1918-2008) no qual vamos discorrer nas próximas linhas.

David Ausubel (1918-2008) foi professor, médico e psiquiatra elaborou e divulgou sua teoria de ensino e aprendizagem no qual se baseia em aspectos do cognitivismo (MOREIRA, 1999).

[...]a ciência cognitiva tem se mostrado uma das áreas em maior ascensão no campo das pesquisas explorando com propriedade científica o modo como organizamos as informações que recebemos do mundo exterior, ou seja, como aprendemos (GHEDIN, 2012, p. 233)

Define-se então que a aprendizagem cognitiva é a organização dos conhecimentos por meio do armazenamento de informações; “A cognição está fundamentada em um mecanismo de processamento de informações em que os símbolos são usados com base em informações” (FILHO, et al, 2015, p.4). A aprendizagem afetiva são as manifestações dos sinais movidas pelas

experiências como alegria, dor e prazer; A aprendizagem psicomotora são as respostas musculares no qual o indivíduo apresenta.

Ausubel é defensor do cognitivismo mostra que o indivíduo aprende por meio da interação entre o material novo. Essa interação é um processo onde novos conceitos são formados por meio da ancoragem de conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

No pensamento de (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011) a teoria de ensino e aprendizagem significativa de David Ausubel tem como propósito a criação de uma nova informação através dos conhecimentos prévios já existentes no indivíduo por meio do subsunçor termo que se refere ao conhecimento já existe no indivíduo ou em outras palavras subsunçor serve como ancora, em ligar o conhecimento existente na construção de uma nova informação.

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p.4)

A aprendizagem significativa recebe contribuição da aprendizagem mecânica e por recepção que são formas de aprendizagem; A aprendizagem mecânica é aquela em que o discente aprende por meio da memorização dos conceitos. (TAVARES, 2004, p.56) esclarece que

A aprendizagem mecânica ou memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí, ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares.

Ausubel sugere a utilização da aprendizagem mecânica e por recepção se caso o aprendiz não ter subsunçores em sua estrutura cognitiva neste caso os conceitos adquiridos nas aprendizagens acima citadas servem como âncora para novas informações.

Segundo (MOREIRA,1999) a aprendizagem significativa nasce a partir da aprendizagem por descoberta do conhecimento estudado entrando a

aprendizagem só se torna significativa se o conteúdo descoberto se liga com os conhecimentos prévios dos alunos. Isso ocasiona que o material proposto pelo professor deve fazer significado ao aprendiz “Assim, um material ou tarefa de aprendizagem para ser potencialmente significativo depende da sua própria natureza e da natureza da estrutura cognitiva particular do aluno” (NETO, 2006, p.118).

4.2. 1 Organizadores Prévios

No processo de ensino e aprendizagem na prática docente é possível perceber que os alunos apresentam carências conceituais, e assim o docente entra em processo de reflexão o que fazer se o aprendiz não tem conhecimentos prévios para resolver essa situação Ausubel estabelece que deve se introduzir na estrutura do discente os organizadores prévios que são ferramentas úteis servindo como âncora para uma nova aprendizagem e levam o desenvolvimento dos novos subsunçores.

Na falta de subsunçores, isto é, quando o novo conhecimento não encontra conhecimentos anteriores na estrutura cognitiva para se ancorar, pode-se lançar mão de meios e/ou materiais para desenvolvê-los. Nessa perspectiva, é possível recorrer a organizadores prévios, ou seja, a materiais que organizam a estrutura cognitiva de modo que nela seja estabelecido um novo subsunçor capaz de ancorar o novo conhecimento a ser apresentado. Esses organizadores devem ser utilizados de forma preliminar, do mesmo modo que precisam ser apresentados em um nível mais alto de abstração em relação ao material que será estudado (LOREIAN; et al, 2020, p.213).

Conforme (ANDRANDE, 2016, p.6) “principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa”

A função do organizador prévio é potencializar a criação de relações não-arbitrárias e substantivas entre os novos conceitos e as idéias que lhes servirão de âncora na estrutura cognitiva do aluno, através da “inserção” ou da explicitação destas idéias (CRUZ, 2011, p.13).

Os organizadores prévios devem ser introduzidos antes do material a ser trabalhado pelo professor o próprio Ausubel esclarece que os organizadores servem como manipulador da estrutura cognitiva.

Conforme (RIBEIRO,2014) os organizadores prévios podem ser: expositivos e comparativos; Os expositivos são inseridos na estrutura do aprendiz devido este não ter nenhuma ideia com os conteúdos apresentados então propõem-se que este organizador seja inserido de imediatamente tendo função ser uma ponte entre o conhecimento que o aluno e o conhecimento que se tende a aprender. O organizador prévio comparativo por sua vez o aluno já apresenta ideias e conceitos na sua estrutura cognitiva assim o conteúdo a ser ensinado deve fazer comparação através de semelhanças e diferenças dos conceitos encontrados na estrutura cognitiva do aluno.

4.2.2 Tipos de Aprendizagem Significativa

David Ausubel define três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e de proposições vamos conceituá-las. A aprendizagem representacional se refere a aprendizagem por meio de signos, símbolos que exercem o papel de significados ao aprendiz. A aprendizagem por meio de conceitos segundo (PRAIA, 2000) é um caso particular de Aprendizagem representacional assim os conceitos e as ideias abstratas são representados por símbolos distintos. A aprendizagem proposicional se difere da aprendizagem representacional pois a ideia principal não é aprender significativamente as palavras isoladas, mas sim entender as ideias que essas palavras formam, em outras palavras pode-se afirmar a aprender significativamente por proposição é ligar os conceitos e formar as ideias gerais para (MOREIRA, 1999) entende-se que há uma combinação de palavras em sentença construindo uma proposição e por sua desenvolvendo os conceitos.

5 METODOLOGIA DO TRABALHO

5.1. Metodologia da Pesquisa

Para a escrita desta dissertação usamos a pesquisa bibliográfica, que tem como objetivo a construção da pesquisa através de matérias publicados como livros e artigos científicos (GIL, 2002). Através da pesquisa bibliográfica, realizamos leituras de livros e artigos que abordam a história da Astronomia e Astronáutica, realizamos um levantamento de dissertações e produtos

educacionais que descrevem as suas atividades e as teorias de ensino e aprendizagem.

Para a análise de dados da aplicação do produto educacional usamos as abordagens das pesquisas quantitativa e qualitativa; A seguir vejamos em detalhes a coleta dos dados.

5.1.1 A Coleta de Dados

A coleta de dados deste trabalho realizou-se por meio de questionários inicial e final composto por questões de leis de Newton, Astronomia e Astronáutica analisamos os dados por meio de gráficos de desempenho comparativo entre os gêneros masculino e feminino. O objetivo da análise por gênero é verificar quais conceitos são mais assimilados entre os gêneros. A abordagem da coleta de dados por meio de gráficos é caracterizada como pesquisa quantitativa quem tem a finalidade de:

[..] utilizar procedimentos estruturados e instrumentos formais para coleta de dados; Inicia com ideias preconcebidas do modo pelo qual os conceitos estão relacionados; Enfatiza a objetividade, na coleta e análise dos dados; Analisa os dados numéricos através de procedimentos estatísticos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.34).

A observação das oficinas e atividades somativas e formativas realizadas pelos alunos em forma individual ou em grupo promoveram a construção de outros dados que foram analisados proporcionando uma reflexão sob o uso do produto educacional, assim por meio das observações verificamos as carências dos alunos e a mudança na estrutura cognitiva dos sujeitos da pesquisa, para esta abordagem de análise usamos a pesquisa qualitativa quem tem como objetivo de compreender as ações dos sujeitos, sem se preocupar na tabulação de dados estáticos (GUERRA, 2014).

5.2 O Local da Pesquisa

A Escola de Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima está localizada no interior do Amazonas, na sede do Município de Coari, distante a 362,44 km da Capital do Amazonas Manaus em linha reta, criada pelo Decreto-Lei nº 37.663/ de 13 de fevereiro de 2017 ela tem como patrono Professor Manuel Vicente Ferreira Lima, famoso por atuar na educação em Coari e já falecido.

A referida instituição está situada na Estrada Coari Mamiá, s/n, no bairro Espírito Santo (PPP, 2021).

Segundo o (PPP, 2021) a escola atende 621 alunos em 21 turmas, sendo 7 turmas de 1º ano, 2º ano e 3º ano do Ensino médio, as atividades escolares têm início às 7h e término às 16h. A escola possui uma estrutura boa para os alunos, sendo 21 salas de aula, 1 biblioteca, 2 salas de repouso, 1 laboratório de ciências biológicas, 1 laboratório de Física, 1 laboratório de informática contendo 40 computadores de mesa sem conexão à internet e entre outros espaços.

Os projetos desenvolvidos em destaque nesta instituição são: sarau de linguagens; festival cultural de língua inglesa; meio ambiente; consciência ambiental; feira de ciências; mostra de experimentos químicos, físicos e biológicos e FEMCETI feira de empreendedorismo: Ensino e Negócios de Produtos e Serviços (PPP, 2021).

Além dos projetos citados a escola é ativa na Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), desde de 2020, sob Coordenação do professor de Física das turmas do 3º ano do Ensino Médio. Em sua disciplina, denominada Eletiva e Projetos, o professor desenvolve atividades voltadas a Astronomia e Astronáutica. Nos últimos anos de 2020 e 2021 houve pouca participação dos alunos devido a pandemia onde um dos problemas foi o acesso aos alunos para expor os conteúdos desta Olimpíada.

A escola obedece ao artigo nº 26 da Lei de Diretrizes da Base da Educação no qual cada sistema de ensino, deverá estar harmonizada à Base Nacional Comum Curricular e ser articulada a partir do contexto histórico, econômico, social, ambiental assim os docentes além de trabalhar com as disciplinas regulares ministram outras disciplinas como: Preparação Pós-Médio (Projeto de Vida); Práticas Experimentais; Estudo Orientado e Eletiva.

5.3 Os Sujeitos da Pesquisa

Para a aplicação desta pesquisa usamos, uma turma do 1º ano do Ensino Médio sendo composta por 23 alunos presentes em sala de aula, onde 14 alunos são do sexo feminino representando 61% e 9 alunos do sexo masculino que correspondem a 39%.

Realizei uma conversa formal com os alunos do 1º ano informando-os sobre a aplicação do produto educacional. Quando comecei com a turma do 1º ano, o professor estava no conteúdo de lançamento oblíquo, os alunos já apresentavam ideias sobre movimento uniforme e movimento uniforme variado.

6 METODOLOGIA DO ENSINO

As atividades da Sequência Didática foram construídas visando o trabalho em grupo ou individual. Sabemos que inserir os alunos no processo de ensino é característica marcante da sequência didática interativa que segundo os autores (LAVOR; OLIVEIRA, 2023) e (OLIVEIRA, 2013) o professor passa a diagnosticar as ideias iniciais dos alunos e com estes dados passa elaborar atividades que beneficiam a construção de uma nova ideia para o aluno.

Vejamos a seguir importância de utilizar os seguintes recursos metodológicos no ensino de Física, pois eles são característica marcante da produção e aplicação da Sequência Didática proposta.

6.1. História e Filosofia das Ciências (HFC)

A utilização da (HFC) no trabalho do professor promove a discussão com os seus alunos a justificativa do nascimento de uma teoria a diferença entre senso comum e o método científico experimental as leis empíricas e teóricas, e a generalização de um padrão observado. “[...] a HFC, onde a sua inserção pode contribuir para a melhoria de aspectos da natureza da ciência, por exemplo: a percepção da ciência como atividade humana, a falibilidade dos cientistas e o mito do gênio da ciência” (ATAIDE, et al, 2011, p. 177). De acordo com (VIEIRA, et al, 2021) a HFC está presente na seguinte competência da BNCC para o eixo Terra, Universo e Vida.

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente (BNCC, 2018).

Assim por meio desta competência o professor poderá propor em suas aulas discussão dos modelos teóricos como, por exemplo os modelos planetários, a construção das leis de Kepler e o funcionamento do Sistema Solar por meio das leis de Newton. O uso da HFC permite ao professor ir além das

equações físicas, pois esta permite aos alunos a compreensão e significado do conhecimento (VANNUCCHI, 1996). Para a obtenção de qualquer conhecimento se deve primeiro obter os conceitos que poderão ser transmitidos por meio da aplicação da HFC ou por outros recursos que veremos abaixo.

6.2. Stellarium

O professor ao ministrar um conteúdo espera que aluno possa assimilar o conteúdo, porém uma das dificuldades do aluno é a visualização do fenômeno físico, para resolver este problema os professores de ciências especialmente de Física podem utilizar os *softwares* educacionais.

Algumas das carências no ensino de ciências que existem no Brasil podem ser supridas por meio do uso de novas ferramentas e metodologias para o ensino de conteúdos científicos nas escolas: a tecnologia pode ser de fato uma grande aliada da educação científica (DOMINGOS; TEIXEIRA, 2021, pg.135).

Os *softwares* educacionais são programas que melhoram as aulas de ciências através delas o professor poderá elaborar aulas não interativas e interativas. “É da responsabilidade dos docentes proporcionar aos seus alunos experiências de aprendizagem eficazes, combatendo as dificuldades mais comuns “. (FIOLHAIS; TRINDADE, p.260, 2003). As aulas não interativas são aquelas que os alunos não podem mudar as variáveis servindo somente para a visualização do objeto estudado. No entanto, as aulas interativas estimulam os alunos a mudar as variáveis do conteúdo estudado.

O *Stellarium* é um *software* que tem como objetivo simular os movimentos dos astros em tempo real; O programa está disponível na versão para notebook e celular a utilização deste é fundamental nas aulas de ciências principalmente nas aulas de Astronomia.

É importante a utilização de recursos variados no ensino de Astronomia, bem como a utilização das tecnologias digitais desde que bem planejada, visando à melhoria da aprendizagem dos alunos. (VOELZKE; MACÊDO, 2020, p;16).

As capacidades de explorar o Stellarium nas atividades de Astronomia são várias, sendo que as principais são simular a trajetória da Terra em torno do Sol, simular as estações do ano e duração do dia e noite. ” As possibilidades de exploração desse *software* são inúmeras, tornando-o um valioso objeto de

ensino e de aprendizagem para o ensino de Ciências, Geografia e, mais especificamente, no campo da Astronomia” (LONGHINI; MENEZES, 2010, p.436).

O uso do *Stellarium* promove a aproximação dos alunos com os conteúdos de Astronomia proporcionando as aulas ficarem mais atraentes e interativas, como exemplo o docente poderá explorar os seguintes conteúdos: estudo do sistema solar, ordens de grandeza e o fornecimento de dados dos planetas que podem ser úteis na coleta de dados para o cálculo de outras grandezas.

6.3 A Informática no Ensino de Física o Uso do *Excel*.

Uma das (TICs) que facilitam o processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física é o *Excel* um editor de planilhas da Microsoft conhecido pelo uso nas empresas uma das utilidades do programa *excel* é a construção de tabelas, manipulação de dados, construção de gráficos, operações matemáticas e entre outras (MORAZ, 2006).

A utilização do *excel* nas aulas de Física é a inserção da informática no ensino e na escola conforme (FIQUEIRA; VEIT, 2004, pg.204) “[...] uso de *softwares* gratuitos, o *excel*, por fazer parte do Office, costuma estar disponível na maior parte das escolas.”. Para o ensino o *excel* é uma ferramenta para professor construir os modelos que estão relacionados com a teoria do livro didático.

Os alunos por meio do *excel* podem mudar as variáveis e verificar se o modelo construído no laboratório de informática é o mesmo encontrado em seus livros didáticos. “Nos processos de ensino e de aprendizagem, a modelagem computacional pode desempenhar papel importante na expansão do horizonte cognitivo do aprendiz “ (NASCIMENTO, et al.2016, p.130).

O *excel* é um programa que não necessita de linguagem de programação para seu uso pessoal para o professor este *software* é uma ferramenta pedagógica pois permite aprofundamento de uma aula teórica como é caso da comprovação da 3ª lei de Kepler construída na Sequência Didática. Porém, para atingir os objetivos da utilização desta ferramenta é necessário um planejamento das aulas e uma sondagem do nível de conhecimento dos alunos em relação ao programa.

6.4 A Experimentação nas Oficinas de Astronomia e Astronáutica

As oficinas são recursos que permitem os alunos explorarem a teoria física abordada por meio de experimentos, ou seja, teoria e prática. Para a Astronomia e a Astronáutica as oficinas em sala de aula são benéficas para a aprendizagem, pois possibilitam a aproximação dos alunos com o conteúdo.

[..]o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.176).

A aproximação dos alunos com o conteúdo é construída por meio da interação do experimento assim o ato de construir e testar o objeto construído é importante para aluno, através do experimento construído o aluno consegue relacionar com a teoria mudando os valores das variáveis do experimento.

De acordo com (SÉRÉ; et al, 2003, p.31). “ [..] a maneira clássica de utilizar o experimento é aquela em que o aluno não tem que discutir; ele aprende como se servir de um material, de um método; a manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno. ”

. Para a Astronomia podemos obter oficinas sobre relógio Sol, pontos cardeais, leis de Kepler e entre outras (NOGUEIRA; CANALLE, 2009). Conforme (FERNANDES, 2021) as oficinas de Astronomia são ferramentas que para a aprendizagem por estimular a formação de atitudes sendo assim os próprios alunos agentes e protagonistas do processo de ensino e aprendizagem, no entanto, o mesmo autor esclarece que de fato as oficinas são importes, porém, a experimentação deve estar presente promovendo questionamentos entre os alunos sobre a teoria abordada.

No ramo da Astronáutica podemos encontrar oficinas de compreensão e descompressão, como girar satélites e lançamentos de foguetes de garrafa PET (NOGUEIRA; CANALLE, 2009). Nos trabalhos de (SCHULER, 2018) e (FERREIRA, 2016) a oficina de foguetes de garrafa PET foi usado como recurso que segundos estes autores a oficina possibilita a motivação dos alunos a troca de ideias a construção conceitos.

6.5 O Recurso Metodológico Figuras e Tirinhas

As figuras são importantes para a verificação dos conceitos prévios dos alunos podem ser aplicadas no início nas aulas conceituais, questionários inicial e final, e atividades formativas. Existem figuras que trazem na sua estrutura conceitos de Física de forma humorística que são as tirinhas. [...] as “tirinhas da Física são um conjunto de pequenas estórias abordando diversos temas da Física Clássica e da Física Moderna” (PENA, 2003, pg.20). As figuras animadas ou tirinhas são recursos que servem de preparação para a introdução de conhecimentos prévios nos alunos (PEREIRA, et al, 2016).

As tirinhas, por seu caráter lúdico, podem ser utilizadas pelo professor como instrumento de apoio em suas aulas capaz de “prender a atenção” dos alunos. Elas têm a vantagem de permitir que qualquer assunto de Física ou de Ciências possa ser abordado sem recorrer, num primeiro momento, à matematização do fenômeno (CARUSO; FREITAS, 2009, p.364).

Segundo (SANTOS, 2013) as figuras animadas quando impressas permitem a visualização mental de um fenômeno físico, pois esta visualização torna-se uma dificuldade para o aluno numa aula com fórmulas e expressões matemáticas.

As tirinhas constituem um elo de ligação entre os conhecimentos adquiridos pelo aluno em sua vivência cotidiana, denominados de concepções alternativas, pois algumas dessas concepções apresentam erros conceituais (SANTOS, et al, 2021). Percebe-se que as figuras animadas são fundamentais na inserção de conceitos na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, na construção de subsunçores.

A construção dos questionários do produto educacional usamos algumas figuras utilizadas nas provas da OBA dos anos de 2019, 2018, 2017 que mostram a aplicação de conceitos de referencial inercial, ordem de grandeza, leis de Kepler e foguetes.

7 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir do dia 08 de setembro de 2021 as aulas da rede estadual de ensino do interior do Amazonas voltaram a ser presenciais devido a Pandemia de Covid 19 as aulas estavam sendo remotas. No entanto, a partir do dia 16 de

setembro o professor titular da turma me permitiu a aplicar a SD. As aplicações das atividades da Sequência Didática foram iniciadas no dia 25 de outubro de 2021 e com sua finalização no dia 09 de dezembro de 2021, momento em que os professores e alunos apresentavam pelos menos uma dose da vacina e as mortes de Covid estavam em queda. No entanto, a escola obedece a um protocolo de segurança contra o Vírus da Covid 19.

Iniciei os meus trabalhos na escola Manuel Vicente Ferreira Lima observando a rotina das turmas de 1º ano do Ensino Médio nas aulas de Física, verificou-se que a sempre conversas paralelas, alguns alunos não mostravam interesse em assistir as aulas de física. O professor titular das turmas do 1º Ano do Ensino Médio estava aplicando o conteúdo de lançamento balístico então necessitou-se terminar o conteúdo do professor para que logo após aplicar as etapas da sequência didática

7.1 Descrição das Aulas

7.1.1 Aplicação do questionário inicial 25 de outubro de 2021

Na primeira etapa da aplicação da sequência didática aplicou-se um questionário para verificar os conhecimentos prévios dos alunos, o questionário é baseado em três partes: A primeira constituída com conhecimentos das leis, de Newton, a segunda apresenta alguns conhecimentos de Astronomia e a terceira com ideias de Astronáutica.



Fotografia 1 – Aplicação do Questionário Inicial
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

7.1.2 Aula 1 conceitos sobre as leis de Newton 26 de outubro de 2021

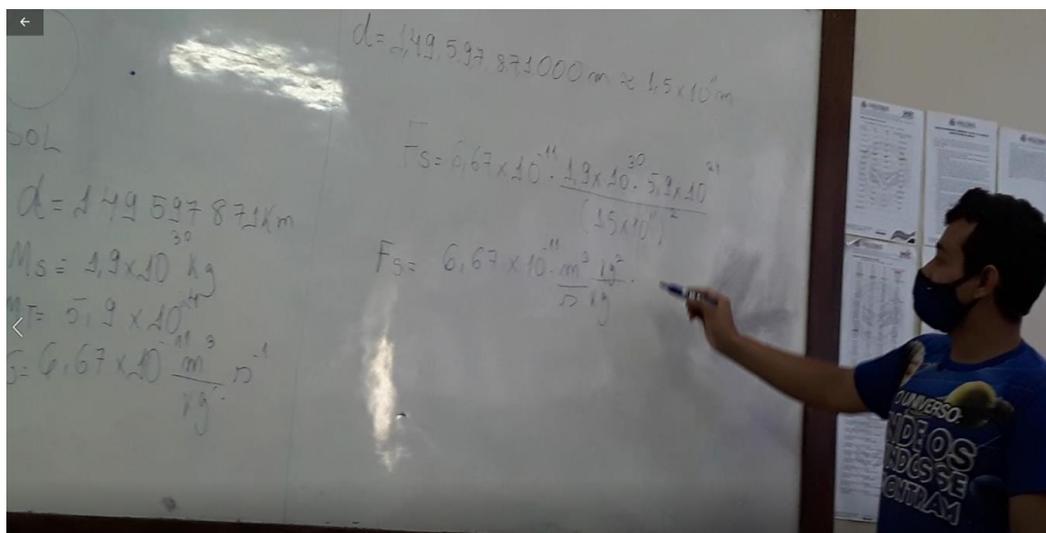
Nesta aula apresentou-se aos alunos sobre os conceitos das leis de Newton. Para ligar os conhecimentos prévios com as novas informações usamos figuras e gifs que possam servir de âncora para a nova aprendizagem. A ideia da apresentação seria conceituar as noções de força e os tipos de força e o conceito das leis de Newton.



Fotografia 2 – Apresentando as leis de Newton
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

7.1.3 Aula 2 força gravitacional 04 de novembro de 2021

A partir das leis de Newton na aula do dia 04 de novembro construímos o conceito de força Gravitacional e força peso como exemplo calculou-se a força de interação do sistema Sol e Terra veja a fotografia 3 abaixo.



Fotografia 3 – Calculando a Força Gravitacional
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Nesta aula sempre colocando em ênfase para os alunos que as forças existem em pares devido a 3ª lei de Newton, no entanto que a massa do Sol é muito maior do que a massa da Terra esses conceitos são fundamentais para a nova formulação de um novo conceito que é o estudo do campo gravitacional.

7.1.4 Aula 3 campos gravitacional e ordem de grandezas 08 de novembro de 2021

Nesta aula colocamos o estudo força peso e o estudo do campo gravitacional, novamente relacionando a 3ª lei de Newton com os novos conceitos. Calculou-se o valor numérico da aceleração da gravidade da Terra com os alunos por meio das informações da Massa da Terra e do seu raio médio equatorial.

Mostrou-se para os alunos uma tabela com os valores das respectivas acelerações da Gravidade de cada planeta e enfatizou-se que os cálculos construídos no quadro poderiam ser o mesmo cálculo para os outros astros. No entanto para se realizar este deveria mudar os valores da massa do objeto e seu raio médio equatorial.

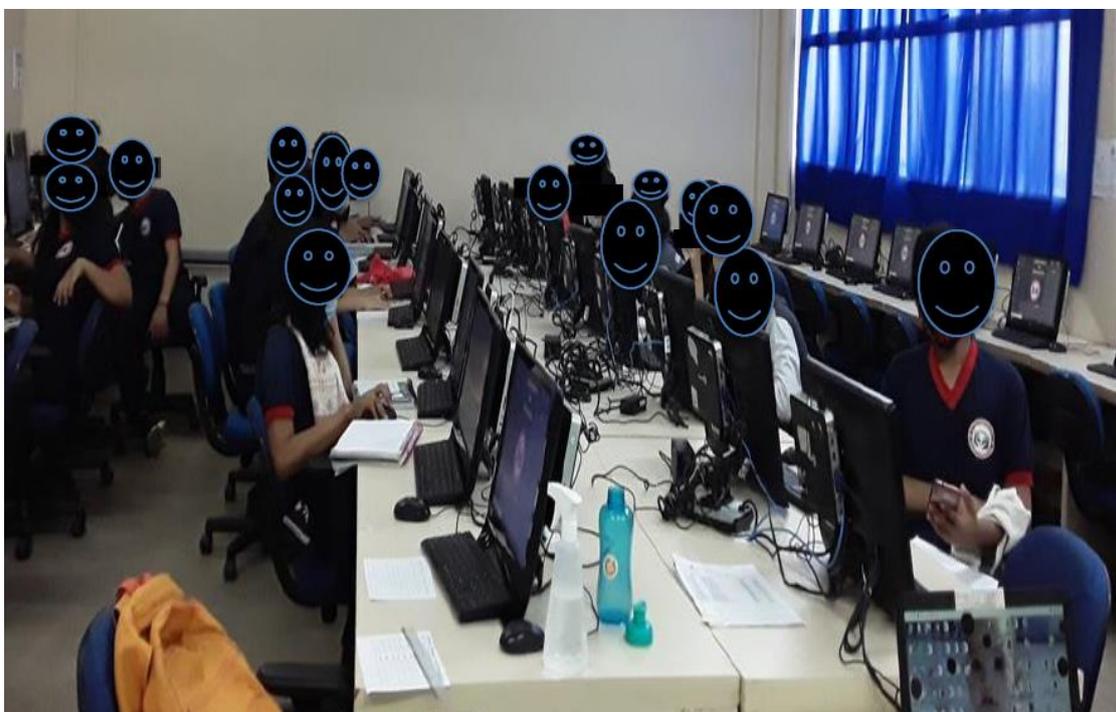


Fotografia 4 – Valores da aceleração da Gravidade de alguns astros
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Logo após, mostrei um vídeo¹ de aproximadamente 5 minutos sobre o diâmetro dos planetas anões, planetas, exoplanetas e estrelas os alunos ficaram entusiasmados ao ver o vídeo houve uma reflexão sobre o ato da criação divina.

7.1.5 Aula 4 explorando o *software Stellarium* e localizados os raios médios dos planetas 9 de novembro de 2021

A turma se dirigiu para o laboratório de informática com objetivo de conhecer o *software Stellarium Astronomy* e localizar os planetas e coletar os raios médios dos astros procurados por meio do tutorial de localização dos planetas.



Fotografia 5 – Alunos explorando o stellarium
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Ao apresentar o programa *Stellarium Astronomy*, os alunos ficaram interessados em saber se o programa seria um *software* da Nasa, onde argumentei que o programa é uma carta celeste baseado num algoritmo.

A aula desenvolveu-se na busca dos planetas por meio da tecla de comando do programa *Stelariam F3*, onde os alunos ficaram curiosos em testar o programa e alguns alunos mostraram dificuldades de visualização para o raio

¹. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4>>.

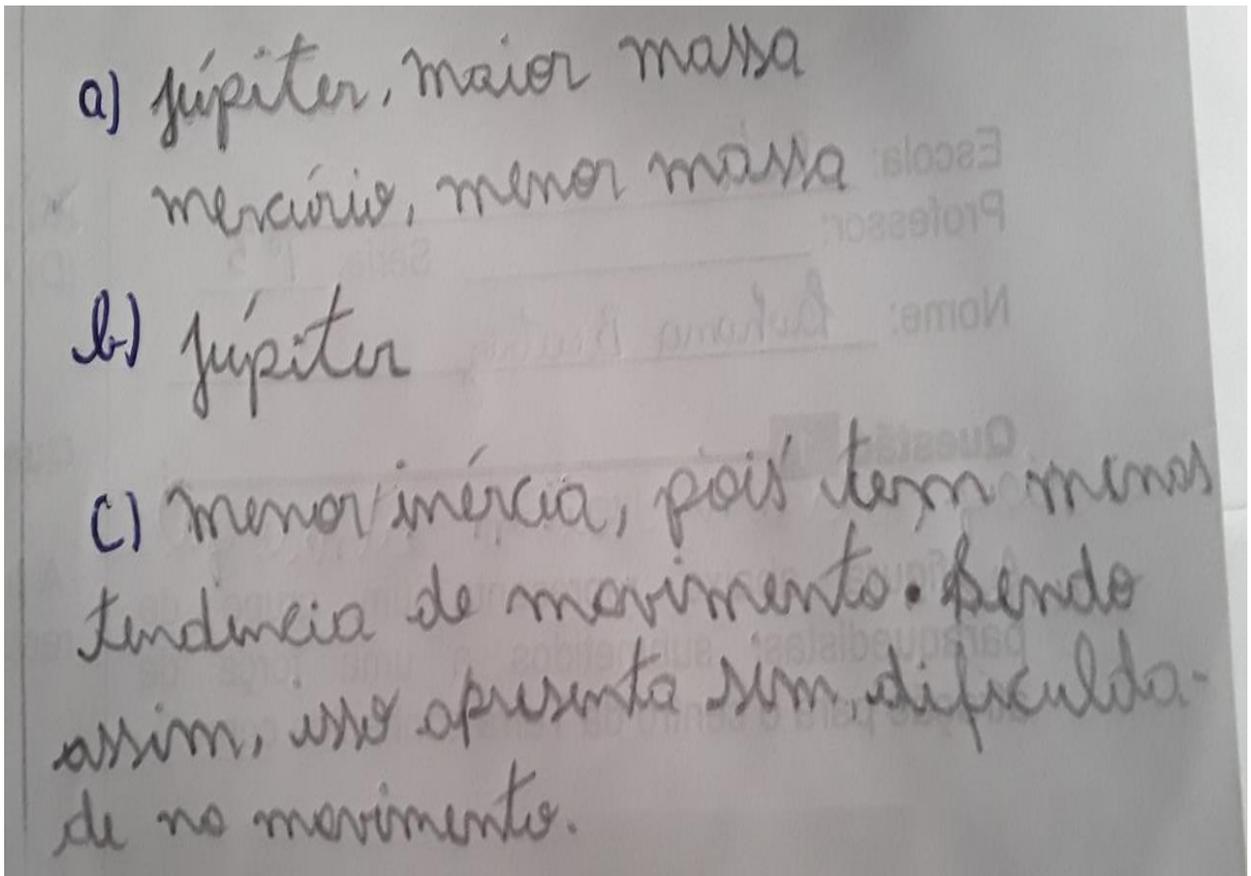
médio de cada planeta. No entanto mostrei, para eles que o raio médio é a metade do diâmetro equatorial de cada planeta. Os alunos deveriam preencher uma tabela e calcular o campo gravitacional de cada astro, no entanto para uma única aula não seria possível calcular todos os valores da aceleração da gravidade de cada planeta. Como exemplo nesta aula calculamos no laboratório de informática o valor numérico da aceleração da gravidade de Vênus como suporte para os alunos.

7.1.6 Aula 5 comparando acelerações gravitacionais 11 de novembro de 2021

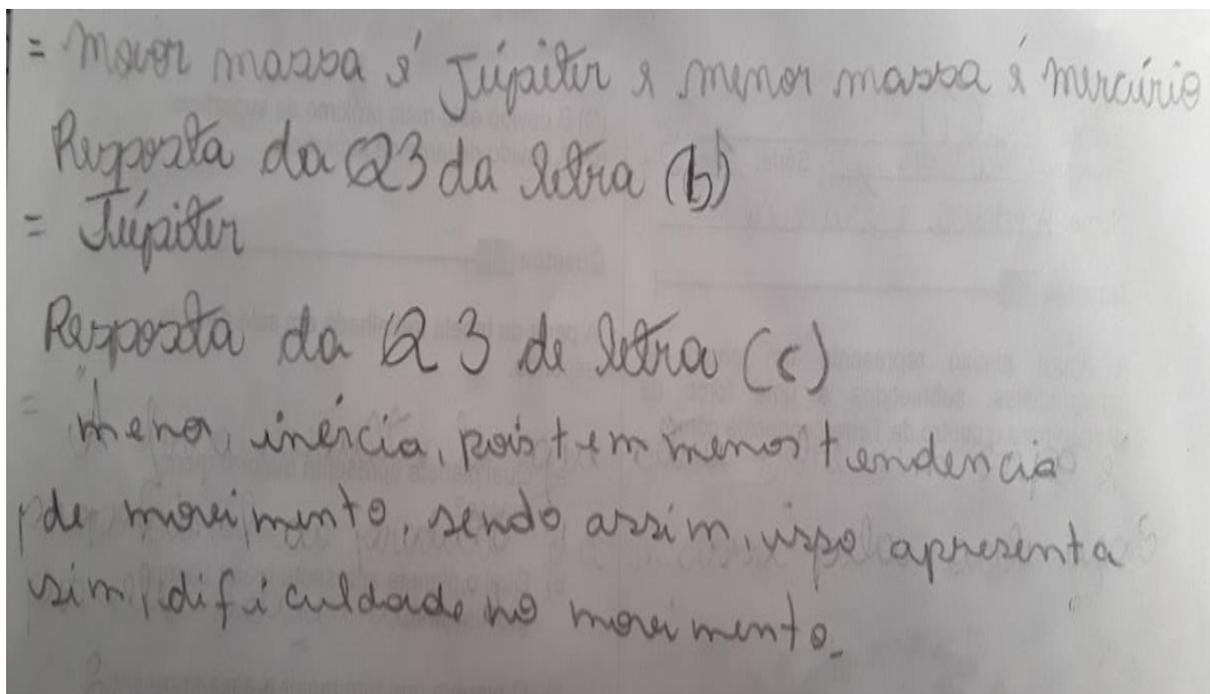
Nesta aula realizamos uma atividade somativa contendo quatro questões dos quais duas eram questões fechadas. A primeira questão contendo uma figura como suporte mostrando uma situação sobre o uso da força gravitacional.

A segunda questão contém o conceito de campo gravitacional e um suporte como figura, o objetivo das duas questões abertas seria verificar se os alunos poderiam comparar o campo gravitacional da Terra e de Marte a partir dos dados trabalhados das tabelas nas aulas anteriores.

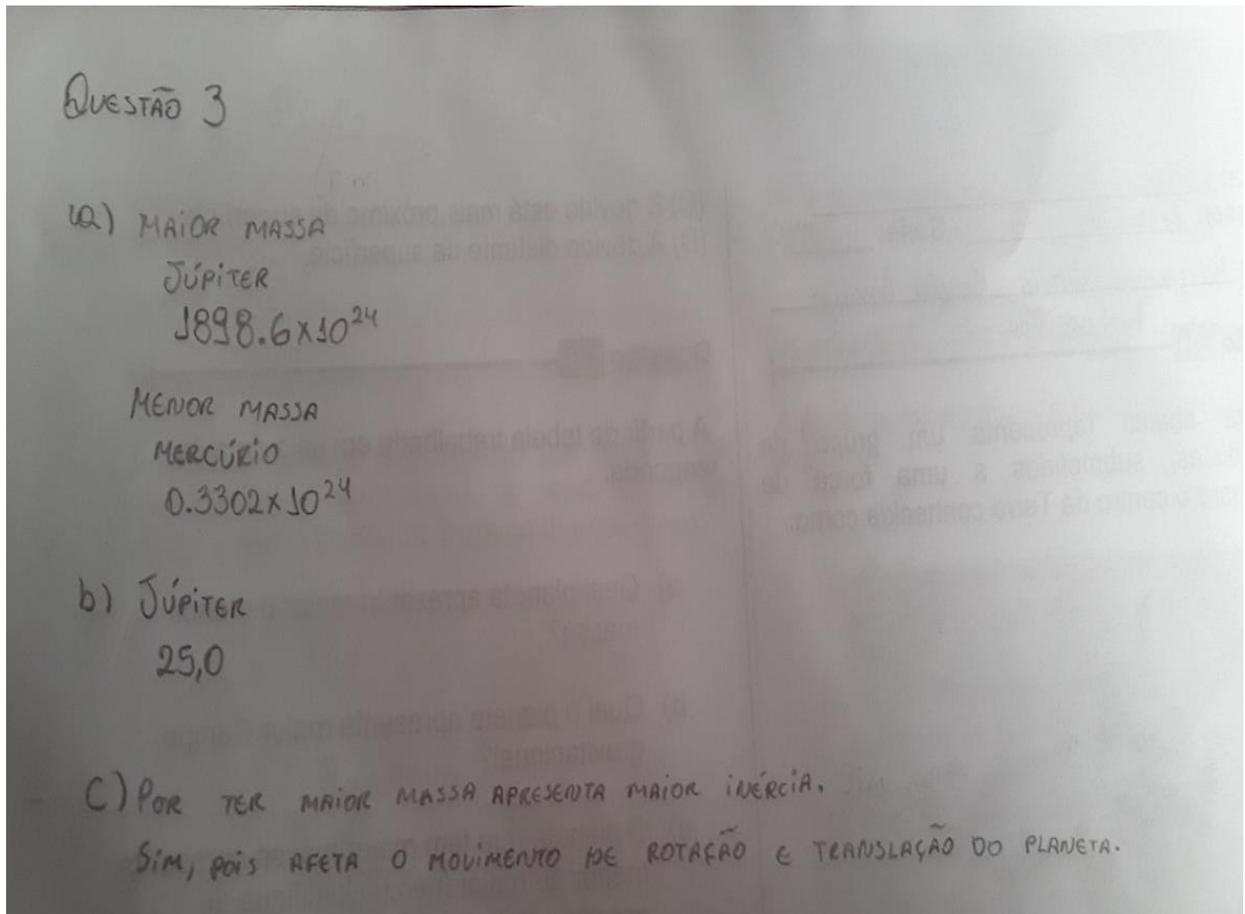
Como a atividade sugerida levaria um certo tempo para ser construída, permitimos aos alunos formassem trios para agilizar as respostas, logo, após as questões fechadas os alunos responderam à questão três com objetivo de relacionar o conceito de inércia com a 2ª lei de Newton, e obteve-se as seguintes respostas de acordo com as fotografias 6, 7, 8, 9 e 10 abaixo:



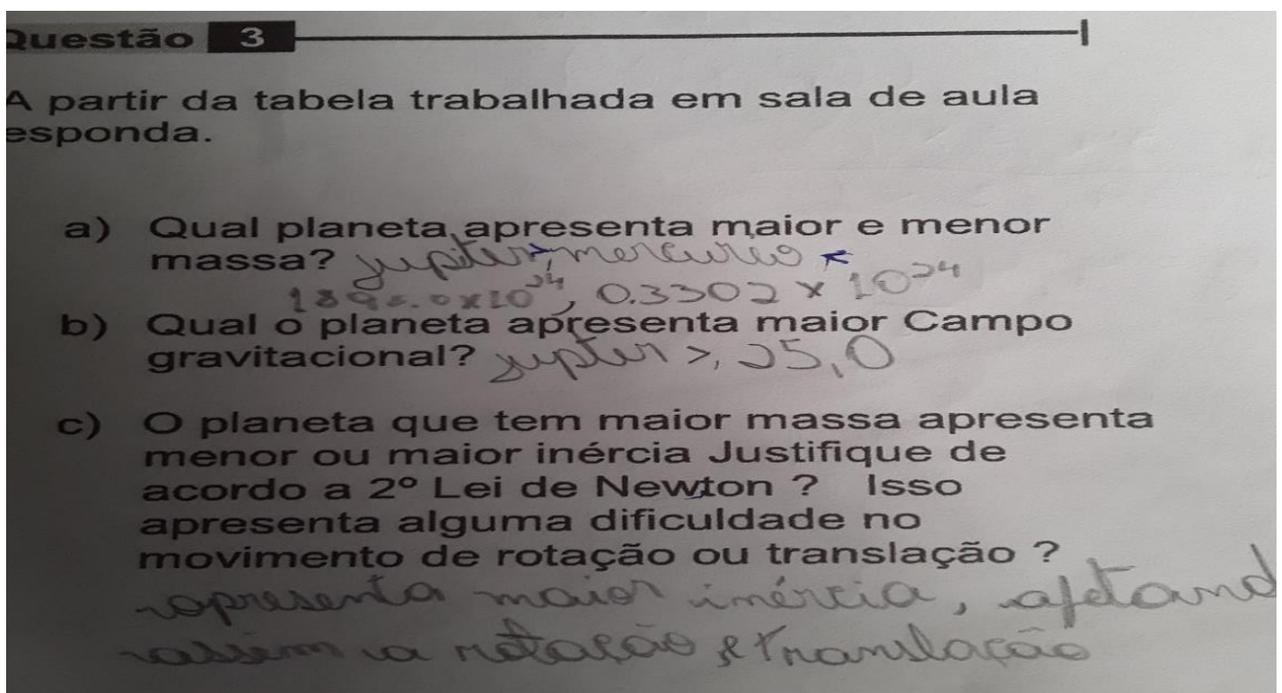
Fotografia 6 – Resposta de Aluno 1
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).



Fotografia 7 – Resposta de Aluno 2
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).



Fotografia 8 – Resposta de Aluno 3
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).



Fotografia 9 – Resposta de Aluno 4
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

A partir da tabela trabalhada em sala de aula responda.

- a) Qual planeta apresenta maior e menor massa?
 MAIOR: JÚPITER $2,898,6 \times 10^{27}$
 MENOR: MERCÚRIO $3,302 \times 10^{22}$
- b) Qual o planeta apresenta maior Campo gravitacional?
 JÚPITER
- c) O planeta que tem maior massa apresenta menor ou maior inércia Justifique de acordo a 2º Lei de Newton? Isso apresenta alguma dificuldade no movimento de rotação ou translação?
 SEM POIS TEM MUITA MASSA.

Fotografia 10 – Resposta de aluno 5
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Questão 4

a) $g = G \cdot \frac{M_0}{(r-m)^2}$

b) $g = 6,67 \times 10^{-11} \cdot \frac{5,9 \times 10^{24}}{(6,3 \times 10^6)^2}$

$$g = \frac{39,3 \times 10^{13}}{39,63 \times 10^{12}}$$

$$g = 9,9 \frac{m}{s^2}$$

c) $g = 6,67 \times 10^{-11} \cdot \frac{0,3302 \times 10^{24}}{(2,43974 \times 10^6)^2}$

$$g = \frac{220,2434 \times 10^{13}}{(5,952531) \times 10^{12}}$$

$$g = \frac{2,20 \times 10^{12}}{5,95 \times 10^{12}}$$

$$g = 0,36 \cdot 10^{12-12}$$

$$g = 0,36 \cdot 10^0$$

$$g = 3,6 \frac{m}{s^2}$$

d) m/s^2

e) Terra
 9,8

Fotografia 11 – Resposta de aluno 6
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Logo após o término da questão 3 os alunos calcularam por meio dos dados obtidos da tabela os campos gravitacionais da Terra e de Mercúrio obtendo as respectivas respostas acima.

7.1.7 Aula 6 conceitos de geocentrismo, heliocentrismo e leis de Kepler 16 de novembro de 2021

Na aula do dia estudamos os conceitos de geocentrismo e heliocentrismo. Nesta aula pode-se dar ênfase as leis de Kepler e conceituar a cinemática usada por Kepler para descrever os planetas. Um aluno realizou a seguinte pergunta sobre se seria possível um meteoro cair na Terra, e a resposta foi dada pelo docente argumentando que o campo gravitacional é derivado da força gravitacional logo, o meteoro seria atraído pela força gravitacional da Terra, no entanto os alunos ficaram frustrados em saber que de certo modo a Terra e os seres humanos seriam extintos.



Fotografia 12 – Aula 8
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

7.1.8 Aula 7 oficinas da 3ª Lei de Kepler 18 de novembro de 2021

A primeira etapa da oficina da 3ª Lei de Kepler, realizou por meio de uma tabela que possui os dados de cada astro: período orbital e distância média do Sol. Os alunos em grupo de 3 a 5 alunos calcularam a constante que define a lei harmônica do movimento dos planetas. Uma dúvida que gerou nos alunos que o raio médio não é o mesmo raio do centro a superfície, mas sim a distância média do Sol ao planeta da primeira lei de Kepler.

Neste dia de aula os alunos trouxeram calculadora para ajudar nos cálculos que segundo eles eram cálculos extensos devido os cálculos serem feitos para cada planeta do sistema solar e a atividade se realizou em grupo conforme a fotografia 13. Vejamos a fotografia 14 que mostra a tabela preenchida pelos alunos. Logo, após as fotografias 15, 16, 17 e 18 que mostra estes cálculos.



Fotografia 13 – Oficina da 3ª lei de Kepler
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Planeta	T (dias terrestres)	R(km)	T ² /R ³
Mercúrio	88	$5,8 \times 10^7$	$0,0396 \times 10^{-23}$
Vênus	224,7	$1,08 \times 10^8$	$4,2 \times 10^{-23}$
Terra	365,3	$1,5 \times 10^8$	$40,4 \times 10^{-24}$
Marte	687	$2,3 \times 10^8$	$3,9 \times 10^{-24}$
Júpiter	4343,5	$7,8 \times 10^8$	$4,0 \times 10^{-23}$
Saturno	10767,5	$1,44 \times 10^9$	$4,0 \times 10^{-27}$
Urano	30660	$2,9 \times 10^9$	$4,0 \times 10^{-22}$
Netuno	60152	$4,5 \times 10^9$	$4,0 \times 10^{-26}$
Plutão	90666	$6,0 \times 10^9$	$38,2 \times 10^{-25}$

Fotografia 14 – Tabela do resultado final da 3ª lei de Kepler
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Mercúrio	Terra
$K = T^2$	$K = T^2$
$R m^3$	$R m^3$
$K = 88^2$	$K = 365,3^2$
$(5,8 \times 10^7)^3$	$(1,5 \times 10^8)^3$
$K = 88 \times 88$	$K = 365,3 \times 365,3$
$5,8 \cdot 5,8 \cdot 5,8 \cdot 10^8 \cdot 10^8 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \times 10^8 \cdot 10^8 \cdot 10^8$
$K = 7744 \cdot 10^0$	$K = 133.444,09 \cdot 10^0$
$195.112 \cdot 10^{21}$	$3,375 \cdot 10^{24}$
$K = 0,03,969 \cdot 10^{0-21}$	$K = 39.538,9896$
$K = 3,96 \cdot 10^{-19}$	$K = 39.538,9896^{-24}$
$K \approx 4,0 \times 10^{-20}$	

Fotografia 15 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

VENUS	MARTE
$K = \frac{T^2}{R^3}$	$k = \frac{T^2}{R^3}$
$K = \frac{(224,7)^2}{(1,08 \times 10^8)^3}$	$K = \frac{(687)^2}{(2,3 \times 10^8)^3}$
$K = 50.490,09$	$K = 471969$
1.259752×10^{-24}	$12,167 \times 10^{-24}$
$K = 400806 \times 10^{0-24}$	$K = 387909 \times 10^{0-24}$
$K = 40080 \times 10^{-24}$	$K = 38790 \times 10^{-24}$
$K = 40 \times 10^{-21}$	$K = 38,7 \times 10^{-22}$
$T \approx 4,0 \times 10^{-21}$	$T \approx 4,0 \times 10^{-22}$

Fotografia 16 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 2º grupo
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Saturno	Jupiter
$K = \frac{T^2}{R^3_m}$	$k = \frac{T^2}{R^3_m}$
$K = \frac{10767,5^2}{(1,44 \times 10^9)^3}$	$K = \frac{(4343,51)^2}{(7,8 \times 10)^3}$
$K = 115.939,056,25$	$K = 18.365,992,25$
$2,985984 \times 10^{-27}$	$474,552 \times 10^{-24}$
$K = 38,8277 \times 10^{-27}$	$K = 39,7553 \times 10^{0-24}$
$K = 38,8277 \times 10^{0-27}$	$K = 39,755 \times 10^{-24}$
$K = 38,8277 \times 10^{-27}$	$K = 39,7 \times 10^{22}$
$K = 4,0 \times 10^{-27}$	$K = 4,0 \times 10^{-22}$
	Marte

Fotografia 17 – Cálculos da 3ª lei de Kepler grupo 3º
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

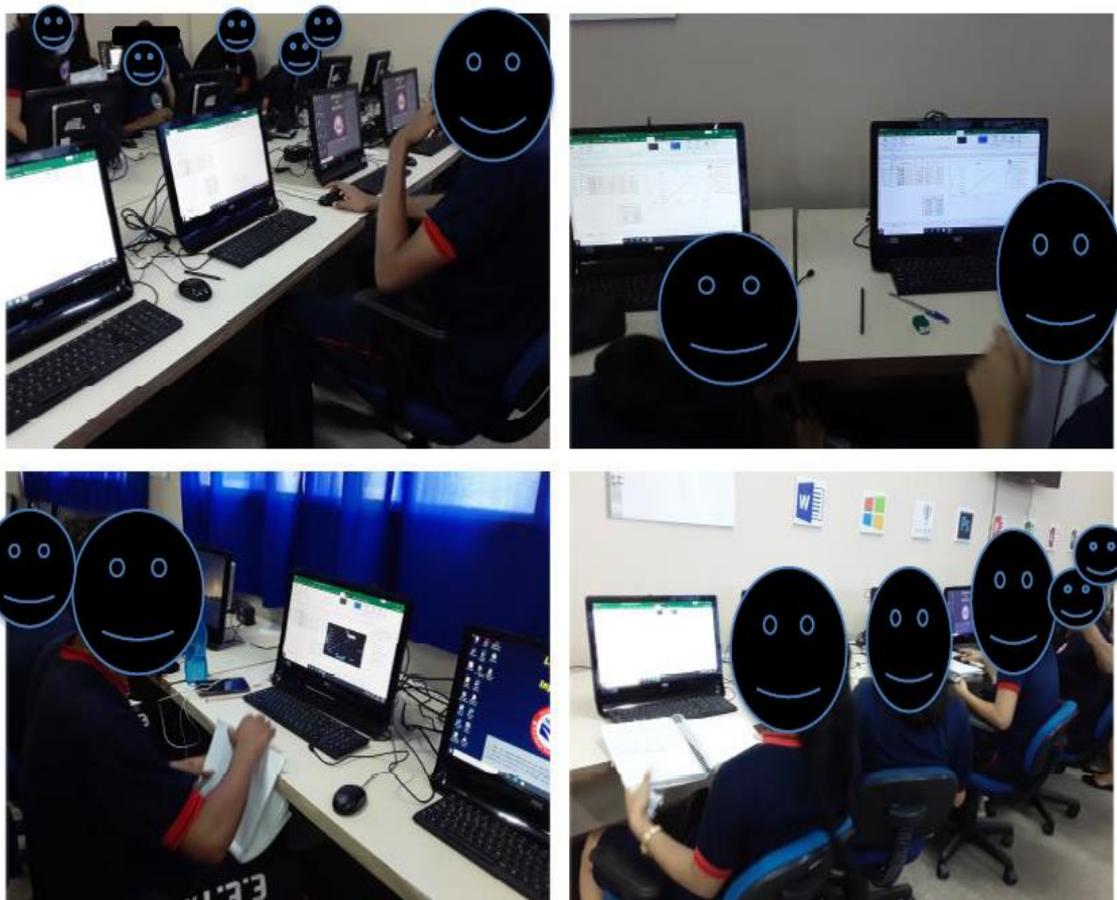
Urano	Netuno
$K = \frac{T^2}{R^3}$	$K = \frac{T^2}{R^3}$
$K = \frac{30660^2}{(2,9 \times 10^9)^3}$	$K = \frac{60152^2}{(4,5 \times 10^9)^3}$
$K = 30660 \times 30660$	$K = 60152 \times 60152$
$2,9 \cdot 2,9 \cdot 2,9 \times 10^9 \cdot 10^9 \cdot 10^9$	$4,5 \cdot 4,5 \cdot 4,5 \times 10^9 \cdot 10^9 \cdot 10^9$
$K = 940.035.600 \cdot 10^0$	$K = 3.618.2631 \cdot 10^{00}$
$24,389 \cdot 10^{-27}$	$91,125 \cdot 10^{24}$
$K = 38.543.425,3$	$K = 39.7065909$
$38.543.425,3 \cdot 10^{-27}$	$K = 39.7065909 \cdot 10^{-24}$

Plutão	
$K = \frac{T^2}{R^3}$	$K = 90666 \times 90666$
$K = \frac{90666^2}{(6,0 \times 10^9)^3}$	$6,0 \cdot 6,0 \cdot 6,0 \times 10^9 \cdot 10^9 \cdot 10^9$
	$K = 8.22032356 \cdot 10^0$
	$216 \cdot 10^{27}$
	$K = 3.805.705,35 \cdot 10^{-27}$

Fotografia 18 – Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo de Urano e outros
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

7.1.9 Aula 8 Obtendo o gráfico da 3ª lei de Kepler no laboratório de informática 22 de novembro de 2021

Os alunos encaminharam-se ao laboratório de informática com o objetivo de construir um gráfico da terceira lei de Kepler. Para que os educandos pudessem ir ao laboratório de informática solicitei o laboratório do Coordenador e como a escola apresenta uma disciplina denominada Eletiva de Informática perguntei ao professor de informática como estavam o nível de domínio dos alunos em relação ao aplicativo excel. O docente respondeu que ainda os alunos apresentavam pouco domínio e se seria somente viável construir somente o gráfico com a tabela fornecida nas 32 máquinas. No dia anterior, em horário escolar, passei a tabela já em notação cinética com os dados do raio médio de cada planeta e seu período de translação.



Fotografia 19 – Alunos explorando o *excel*
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

No laboratório de informática fotografia 19 destaquei que os cálculos realizados por eles nas últimas aulas são muitos simples quando construídos pelo *excel* basta saber os comandos de construir o gráfico de dispersão é um comando simples os alunos construíram seus gráficos enfatizei o coeficiente angular dessa reta é a própria constante de valor $K = 4,0 \times 10^{-20} \text{ s}^2 / \text{m}^3$ da 3ª lei de Kepler.

7.1.10 Aula 9 foguetes 23 de novembro de 2021

Construímos a 3ª lei de Kepler no *excel* com os alunos e repassei para os mesmos que nas próximas aula seria a oficina de construção da base de lançamento dos foguetes e o foguete de garrafa PET. A oficina se iniciou com uma aula teórica com os conceitos físicos para o funcionamento do foguete como 3ª lei de Newton, centro de massa, empuxo e centro de pressão.

7.1.11 Aula 10 oficina da base de lançamento do foguete 24 de novembro de 2021

No laboratório de ciências já no desenvolvimento da oficina de construção de foguetes formou-se grupos de 5 alunos para que cada grupo deveria construir seu foguete obteve-se 4 grupos. Iniciou-se a oficina com a construção da base de lançamento em um ângulo de 45° , esclareci aos alunos que o ângulo de 45° é o ângulo que apresenta maior alcance e para se obter o ângulo de 45° sem transferidor basta pegar um quadrado e dobra-lo na diagonal.

7.1.12 Aula 11 oficina do foguete 29 de novembro de 2021

Passamos a trabalhar na construção do foguete de garrafa PET um conceito interessante que destacou-se na oficina foi a relação entre a massa de água contida na ponta do foguete e a altura máxima, os alunos com uma balança pequena mediram a massa contida no balão de nº6.5 para introduzir na ponta da garrafa as medidas obtidas foram as seguintes: 52 gramas, 47,9 gramas, 40 gramas e 70 gramas, ressaltai aos alunos que a massa influencia no peso do protótipo do foguete sendo um sobrepeso no bico do seu foguete; Vejamos a fotografia 20 que mostra alguns momentos da oficina.



Fotografia 20 – Oficinas da base do Foguete
 Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

7.1.13 Aula 12 testes de funcionamento dos foguetes 30 de novembro de 2021

Realizou-se testes com uma bomba de pressão encher pneu de bicicleta para verificar o funcionamento do foguete, obtemos algumas falhas como o processo de vedação da base as bases dos 4 foguetes estavam inadequadas para o lançamento e através destas falhas pode-se corrigi-las, porém somente 3 foguetes apresentaram estabilidade dinâmica ou seja apresentaram movimento horizontal sob um ângulo de 45° ressaltado que os foguetes foram lançados horizontalmente através de uma bomba de pressão de encher pneu de bicicleta.: Para lançar os foguetes exigiu-se aos alunos regras de segurança como não lançar os foguetes na horizontal porque o peso que o foguete possui ao entrar em queda livre poderá cair sob o alto da sua cabeça; Verificar se a base do foguete e o foguete estão totalmente vedados; Nunca lançar foguetes as pessoas estiverem na frente do lançamento; Verificar se a bomba apresenta problemas de saída de pressão e por prestar atenção de seu foguete não ter risco de explosão devido à pressão submetida.

O primeiro foguete do primeiro grupo submeteu a uma pressão de 3 libras com massa de 52 gramas obteve-se um alcance horizontal máximo de 49,5 metros; O segundo foguete foi submetido a uma pressão de 4 libras com

massa de 47,9 gramas sendo 52 metros de alcance horizontal. O segundo foguete de massa de 40 gramas foi submetido a uma pressão de 2 libras e teve um alcance horizontal de 21 metros. Os testes com a bomba de encher pneu forçaram o tubo de pressão da bomba acarretando problemas de perda de pressão assim o ultimo foguete não atingiu uma pressão superior ou igual à do foguete 1 ou seja 4libras.

7.1.14 Aula 13 Cálculo de algumas grandezas físicas voltadas ao experimento lançar foguetes dia 07 de dezembro de 202.

Após o lançamento dos foguetes os grupos deveriam calcular a Velocidade inicial do foguete a altura máxima as velocidades das componentes x e y assim v_x e v_y , e *supondo* o foguete seja um ponto material ou partícula de uma única massa calculou-se seu peso.

Pode-se organizar os dados obtidos após os lançamentos em uma tabela que mostra o resultado dos cálculos dos alunos. O quadro abaixo mostra os vídeos do movimento dos foguetes por meio de link da plataforma *google drive*.

Quadro 5 – Vídeo de Lançamentos dos Foguetes via Link

Foguete	links
Foguete 1	https://drive.google.com/file/d/1tazcmh5rzqnt9cxi1sfl6wtwjllgkla/view?usp=sharing
Foguete 2	https://drive.google.com/file/d/1t_o3rsoa_y_54im9yoafnw6ywen0ugkc/view?usp=sharing
Foguete 3	https://drive.google.com/file/d/1twlpzp9gj0dqud9qos13nbwalqpqhhh-/view?usp=sharing

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Tabela 7 – Resultados dos lançamentos dos foguetes

FOGUETE	MASSA (KG)	PESO (N)	EMPUXO (N)	PRESSÃO NA CÂMARA (PA)	PRESSÃO ATM (PA)	FORÇA RESULTANTE (N)	ACELERAÇÃO INICIAL DE INJEÇÃO (m/s ²)	Velocidade inicial	ALCANÇE (m)
Foguete 1	0,052	0,52	1451,465	300000	100000	1450,945	27902,78846	22,4	49,5
Foguete 2	0,0479	0,479	2177,1975	400000	100000	2176,7185	45442,97495	22,80	52
Foguete 3	0,04	0,4	725,7325	200000	100000	725,3325	18133,3125	14,5	21,3

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

8 RESULTADOS E DISCUSÕES

8.1 Questionário Inicial

O questionário inicial aplicado a turma do 1º ano do Ensino Médio apresentou cinco questões das leis de Newton, três questões de Astronomia e duas questões de Astronáutica. A partir das próximas linhas vamos analisar a porcentagem de acertos e erros dos alunos.

A primeira questão perguntei sobre qual o conceito físico está relacionado com história em quadrinho. Os resultados foram os seguintes a turma obteve 70% de acerto e 30% de erro. Analisando por gênero por estudante os alunos do sexo masculino obterão 89% de acerto e 11% de erro e os alunos do sexo feminino alcançaram 57% de acerto e 43% de erro. Posso dizer que a tirinha como imagem serviu como suporte para induzir os alunos ao acerto.

Analisamos a segunda questão que está relacionada ao conceito de inércia onde o suporte do item é uma imagem onde mostra dois sujeitos aplicando a mesma intensidade de força no entanto as massas das pedras são diferentes; Analisando essa questão pode verificar que os alunos ainda estão confusos com o conceito de inércia e a 2ª lei de Newton a turma obteve nesta questão 74% de erro e 26 % de acertos; Os alunos do sexo masculino conseguiram 89% de erro e somente 11% dos alunos obteve êxito nesta questão; Os educandos do sexo feminino 64% erram e 36% conseguiram acertar a questão.

Verificamos agora a questão três que apresenta como enunciado a 3ª lei de Newton, porém o aprendiz devia assinalar qual situação representa o conceito neste caso as quatro alternativas são situações que mostram conceitos físicos, mas somente uma representa a 3ª lei de Newton. A turma obteve 70% de erro e 30% de acerto um resultado ruim, no entanto os alunos do sexo masculino obtiveram 56% de acerto e 44% de erros isso significa que a maioria dos educandos do sexo masculino apresentam conhecimento prévio sobre a terceira lei de Newton; analisando os alunos do sexo feminino notou-se que 86% erram a questão e 16% acertaram a questão.

Neste momento vejamos a questão quatro onde está fornece três situações que demonstram as leis de Newton e o aprendiz devia ligar a situação com o conceito e conforme suas respostas marcaria a alternativa correta pode-

se verificar que a turma obteve 35% de acerto e 65% de erro; Os alunos do sexo feminino obtiveram 79% de erro e 21% de acertos, os alunos do sexo masculino obtiveram 56% de acerto e 44% de erro, verificando que os alunos não conseguem ligar seus conhecimentos prévios com as situações na questão seria necessário um suporte como uma figura.

Descrevemos agora a questão cinco que apresenta um suporte uma figura mostrando uma pessoa nadando e seu enunciado é uma situação vivida pelos munícipes nos finais de semana no Lago de Coari. Elaborei esta questão para aproximar os alunos com a realidade de entretenimento fornecido nos finais de semana da cidade de Coari. O item pergunta qual o conceito físico está no processo de nadar mais com detalhes nas alternativas como resultado obtive 70% de erro e 30% de acerto, separando por gênero pode notar que os educandos do sexo masculino 56% de erro e 44% de acerto mas os alunos do sexo feminino apresentaram 79% de erro e 21% de acerto; Pode-se concluir que os estudantes do sexo masculino obtiveram êxito nesta questão comparado com o resultados dos estudantes do sexo feminino porém a turma não obteve um bom desempenho nesta questão.

Neste momento vamos descrever o desempenho dos alunos nas questões de Astronomia e Astronáutica para se saber se há uma estrutura cognitiva em relação a conceitos e ideias sobre: Modelos Planetários; Vista do Sol 1ª lei de Newton aplicado a um observador em diferente planeta, campo gravitacional e órbita relacionada a 1ª lei de Newton.

A pergunta seis, não apresenta suporte como figuras ou dados somente afirmações sobre os modelos geocêntrico e heliocêntrico e corpos luminosos e iluminados dos astros e a partir do julgamento das afirmações o aprendiz deveria assinar a sequência correta assim 74% da turma obteve êxito nesta questão e 26% marcaram uma opção incorreta esta questão analisando por gênero temos como resultado que 89% por cento dos alunos do sexo masculino conseguiram acertar esta questão e 11% dos alunos erram para este gênero para o sexo feminino 64% de acerto e 34% de erro.

A questão sete mostra a vista do Sol em diferentes planetas por sua vez é um problema de referencial inercial é uma questão da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica do nível 3 do 9º ano de 2019 por sua vez os alunos deveriam marcar qual sequência correta mostra o Sol visto da Terra e dos outros

planetas a turma teve êxito nesta questão com 52% de acerto, mas com 48% de erro os alunos do sexo masculino 67% acertaram e 33% marcaram a alternativa incorreta.

Perguntei aos alunos na questão oito qual disco das alternativas representa a órbita da Terra, no entanto obtive 100% de erro para a turma o que deveria ser trabalhado.

O item nove teve como objetivo verificar se os alunos possuem a habilidade de relacionar as forças que atuam em um objeto em o ambiente de microgravidade ela envolve um suporte, porém não muito adequado, mas com afirmações conceituais no enunciado e com algumas afirmações para julgar em verdadeiro e falso. Os resultados desta questão nos mostram que 65% da turma não sabem relacionar o conceito de microgravidade e as forças que atuam no objeto e somente 35% possuem em sua estrutura cognitiva conceitos ou ideias de gravidade se analisarmos por gênero os estudantes do sexo masculino obtiveram 89% de erro e 11% de acerto para o sexo feminino 50% dos alunos conseguiram acertar o item e 50% erram o item.

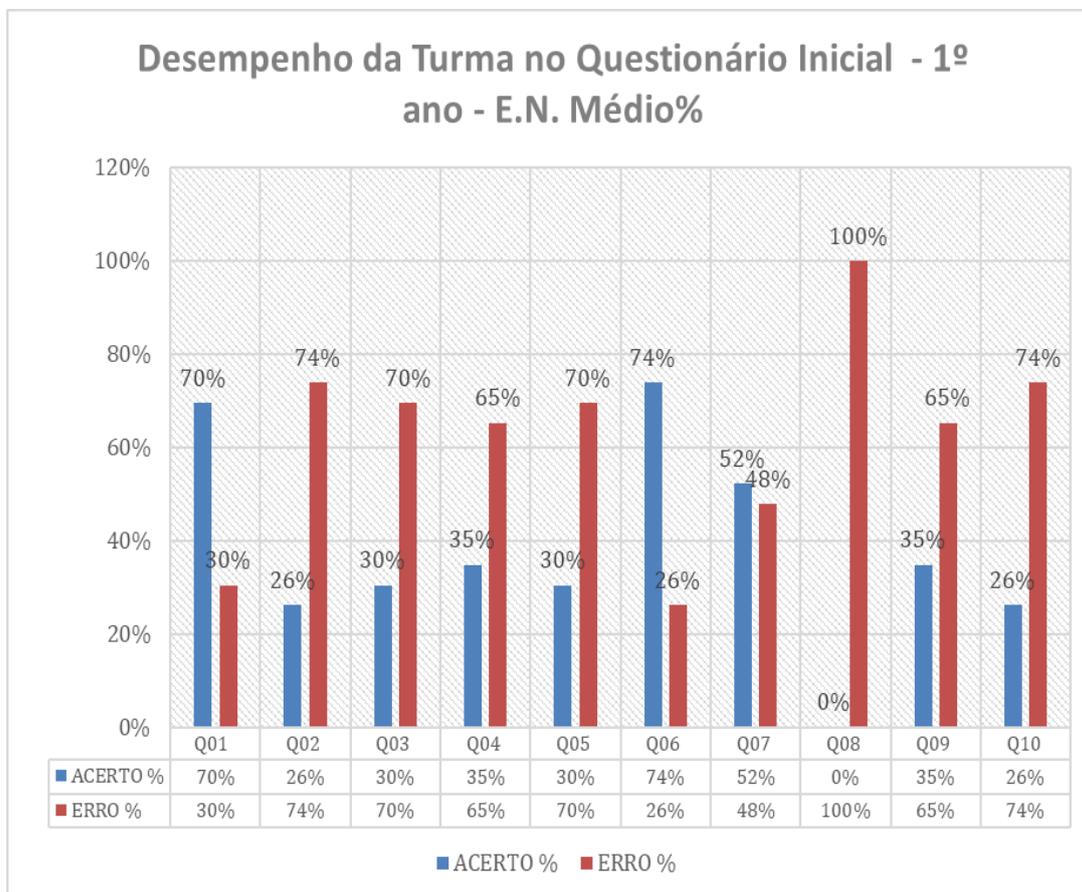
Por fim verificamos a questão de dez está pergunta é uma aplicação da 1ª lei de Newton em Astronáutica sobre movimentos no espaço sideral, indagou-se os alunos sobre o movimento de um objeto no espaço sideral próximo a órbita da Terra. A questão não apresenta suporte mais, porém contém afirmações que mostram hipóteses que possam ser julgados, assim o aprendiz deveria julga-los então e marcar a opção correta. Obteve-se os seguintes resultados 74% da turma errou a questão e 26% da Turma acertou novamente por gênero podemos perceber 78% dos estudantes do sexo masculino erram a questão e somente 22% acertaram para os alunos do sexo feminino 71% erraram e somente 29% acertam a questão.

8.1.2 Análise Qualitativa da Aplicação do Questionário

Analisando o questionário inicial verificou-se que os educandos da turma do 1º ano do Ensino Médio apresentam conceitos sobre a 1ª lei de Newton, mas não sabem relacionar esse conceito com a ausência de gravidade ou objeto em microgravidade, mais à ainda carências sobre o conceito de inércia relacionado a 2ª lei de Newton a turma ainda tem pensamento primitivo sobre a órbita terra ser um círculo. Por análise de gênero da turma podemos destacar que as alunas

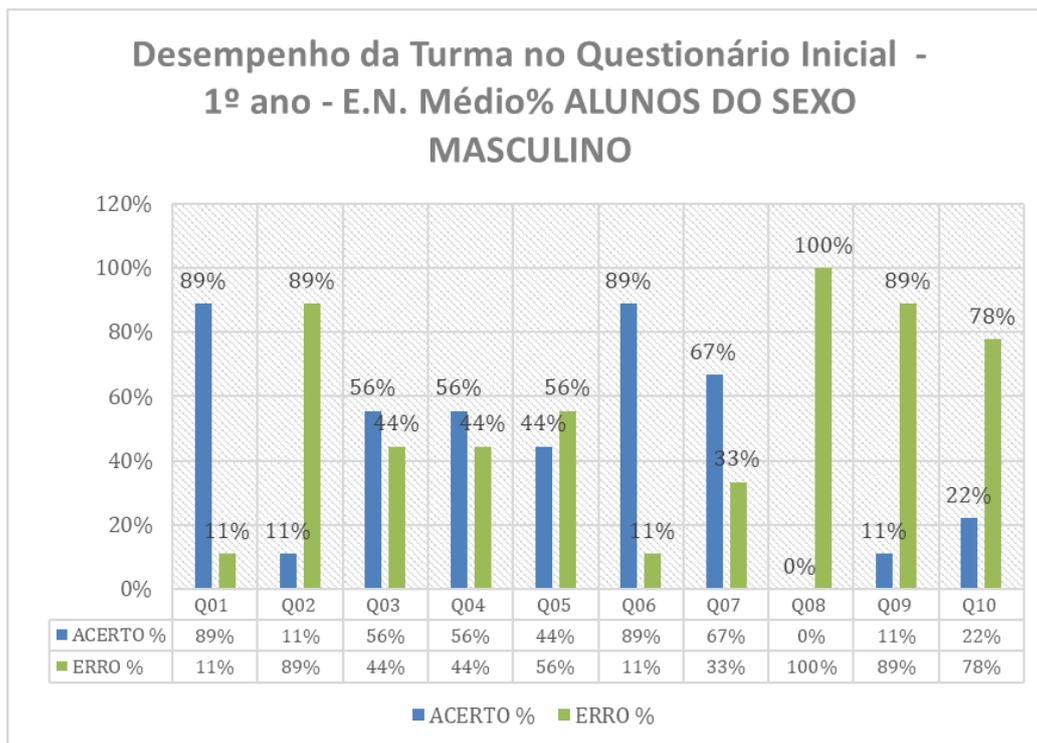
dominam conceitos de inércia e microgravidade e os educandos do sexo masculino dominam os conceitos de ordem de grandeza e corpos iluminados e luminosos.

Gráfico 1 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial



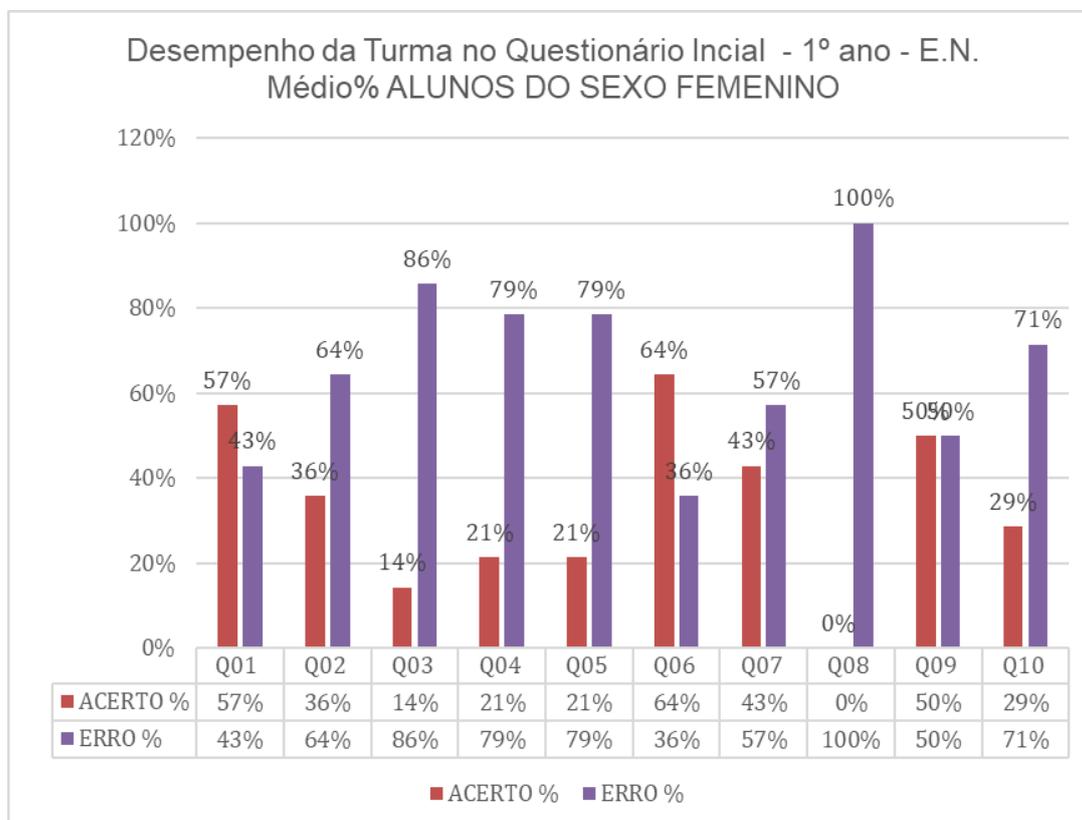
Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Gráfico 2 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial: Sexo Masculino



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Gráfico 3 – Desempenho da Turma no Questionário Inicial: Sexo Feminino



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

8.2 Questionário Final

Percorrido as etapas da Sequência Didática com os sujeitos da pesquisa aplicou-se um questionário final com a turma com o objetivo de verificar se houve transformação na estrutura cognitiva do aprendiz. O questionário final apresentava dez questões de múltipla escolha sendo que sete itens apresentam suporte como figuras e gráficos além disso o questionário apresenta questões das leis de Newton aplicadas aos conhecimentos de Astronomia e Astronáutica. Vamos analisar a partir deste momento o desempenho dos alunos em cada questão fazendo novamente uma comparação entre o desempenho da turma e logo após por gênero masculino e feminino.

Perguntou-se na primeira pergunta aos alunos qual força está relacionada a figura e qual lei de Newton o sistema está submetido. A turma em obteve êxito nesta questão com acertos de 70% e erros de 30%. Os alunos do sexo masculino 89% de acerto contra 11% de erro, os estudantes do sexo feminino alcançaram 71% de acerto contra 29% de erro.

Vamos analisar a segunda questão voltada a uma aplicação da 2ª lei de Kepler com um suporte, no entanto, 78% dos alunos conseguiram marcar a opção correta enquanto 22% erraram. Em se tratando de gênero podemos dizer que 67% dos estudantes do sexo masculino acertaram a questão, enquanto 33% erraram a questão. Para as estudantes do sexo feminino houve acertos de 93% contra 6% de erro.

A terceira questão que corresponde a cinemática dos planetas com movimentos de translação e rotação e 1ª lei de Kepler. No entanto este item não apresenta suporte para os alunos. Observou-se que a turma obteve 78% de acerto nesta questão e com 22% de erros. Os alunos do sexo feminino acertaram cerca 79% de acerto e erros de 21% os estudantes do sexo masculino 89% de acerto contra 11% de erro.

Veamos neste momento a questão quatro sendo uma pergunta que corresponde a um problema de ordem de grandeza e referencial inercial de como o Sol é visto de vários planetas, no entanto perguntou-se aos alunos qual o tamanho do Sol visto de Marte. Obtivemos os seguintes resultados 78% de acerto para a turma em geral; Educandos do sexo feminino 93% de acerto contra

7% de erro. Os alunos do sexo masculino obtiveram 56% de acerto contra 44% de erro.

A pergunta cinco é um problema de força peso onde perguntei aos alunos qual seria o peso de um Astronauta na Lua e sua massa; O item não apresenta suporte somente aplicação da expressão do peso. Como resultado desta questão obtivemos que 87% dos alunos em geral acertaram a questão e 13% erraram a questão. Analisando o desempenho dos gêneros nesta turma o gênero masculino obteve 100% de acertos enquanto o gênero feminino obteve 93% de acerto e 7% de erro.

Para a sexta questão é verificamos que enunciado corresponde a montagem do protótipo do foguete no laboratório de ciências da referida escola. Perguntou-se dos alunos onde se encontra o centro de massa dos foguetes como resultado pode notar que a turma em geral alcançou 91% de acerto e 6% de erro, os alunos do sexo masculino acertaram 100% de acerto e as estudantes 93% de acerto contra 7% de erro.

O item sete do questionário final descreve aos princípios físicos que fazem com que o foguete possa obter equilíbrio dinâmico, este item apresenta a figura da Mostra Brasileira de Foguetes nível 3 como resultado desta questão observou-se que 91% dos alunos marcaram a opção correta e 9% erraram para os estudantes do sexo feminino 93% marcaram a opção correta e 7% não foram bem nesta questão verificando para o sexo masculino podemos dizer que houve 100% de acerto.

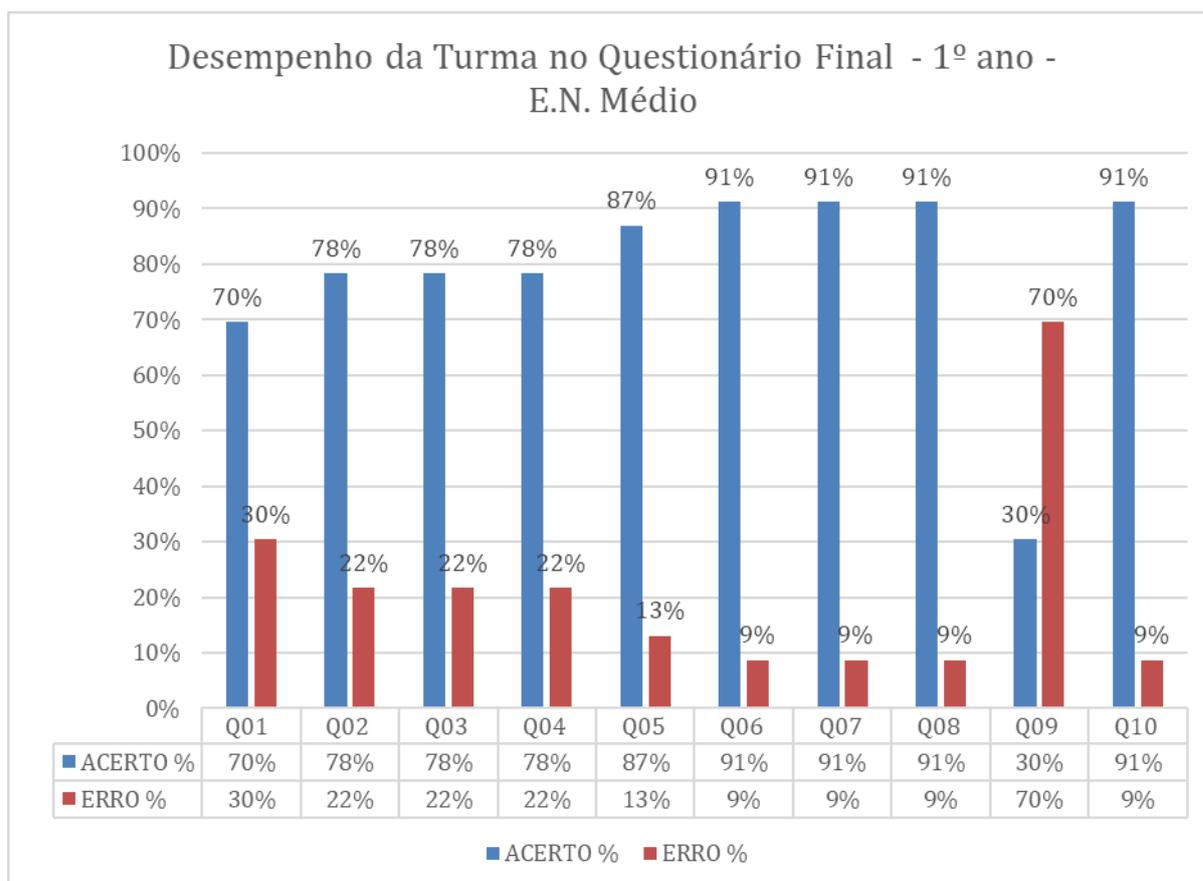
Vejam agora a questão oito que corresponde a 3ª lei de Kepler por meio de um gráfico de linhas, este item apresenta um enunciado contendo a definição da 3ª lei de Kepler e pergunta-se aos alunos qual gráfico corresponde a 3ª Lei de Kepler, obteve-se para a turma em geral houve 91% de acerto contra 9 % de erro; Os alunos do sexo masculino foram melhores com 100% de acerto porem as alunas desta turma alcançaram 93% de acerto contra 7% de erro.

Observamos agora os dados da questão nove onde essa pergunta retorna a situações das leis de Newton aplicadas a situações do cotidiano e podemos destacar que essa mesma questão aplicou-se no questionário inicial os alunos em geral obtiveram um desempenho inadequado porem a questão em si não apresentava suporte somente situações e o aprendiz deveria classifica-las nas leis de Newton os resultados forma os seguintes 30% de acerto contra

70% de erro, os alunos do sexo masculino 22% de erro contra 78% de erro, as alunas obtiveram 36% de acerto contra 64% de erro.

A última pergunta é a questão dez, sendo sua finalidade de saber se os alunos perceberam que quando maior pressão o foguete é submetido maior seu alcance horizontal com isso a turma obteve 91% de acerto e 9% de erro para o gênero masculino obteve 89% de acerto e 11% de erro e já as estudantes do sexo feminino pode se perceber que 100% de acerto.

Gráfico 4 – Desempenho da Turma no Questionário Final



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

8.2.1 Análise Qualitativa do Questionário Final

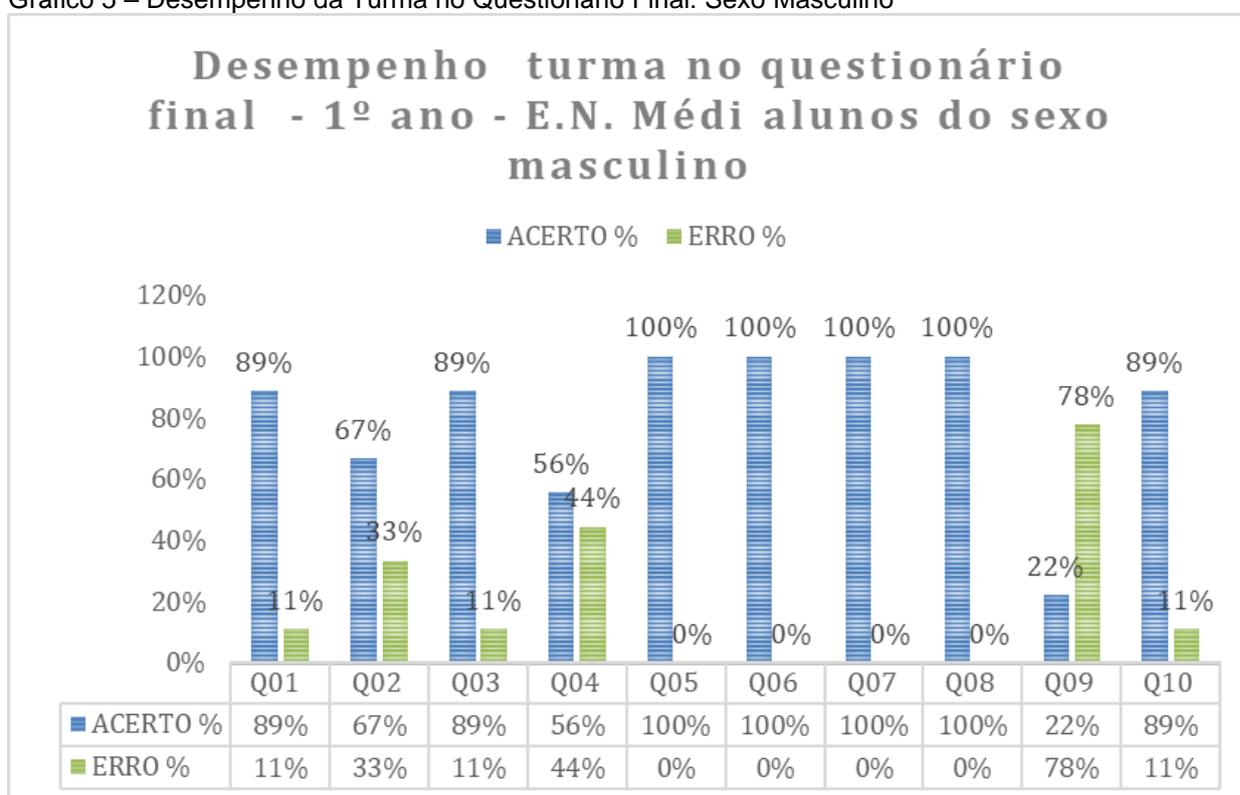
Após a aplicação do questionário final podemos verificar que os alunos dominam conceitos de força gravitacional e a 3ª lei de Newton aplicada a estudo do funcionamento dos foguetes e noções sobre centro de massa e centro de pressão, ordem de grandeza relacionada a 1ª lei de Newton agora situações sobre as três leis de Newton sem o apoio de figuras como suporte há ainda

carências, pois, os alunos nesta questão passam a visualizar em suas mentes o que os deixa perdidos.

Os alunos do sexo masculino dominam conceitos ou ideias sobre a 3ª lei de Newton, 1ª lei de Kepler, noções sobre peso centro de massa, 3ª lei de Kepler e funcionamento dos foguetes

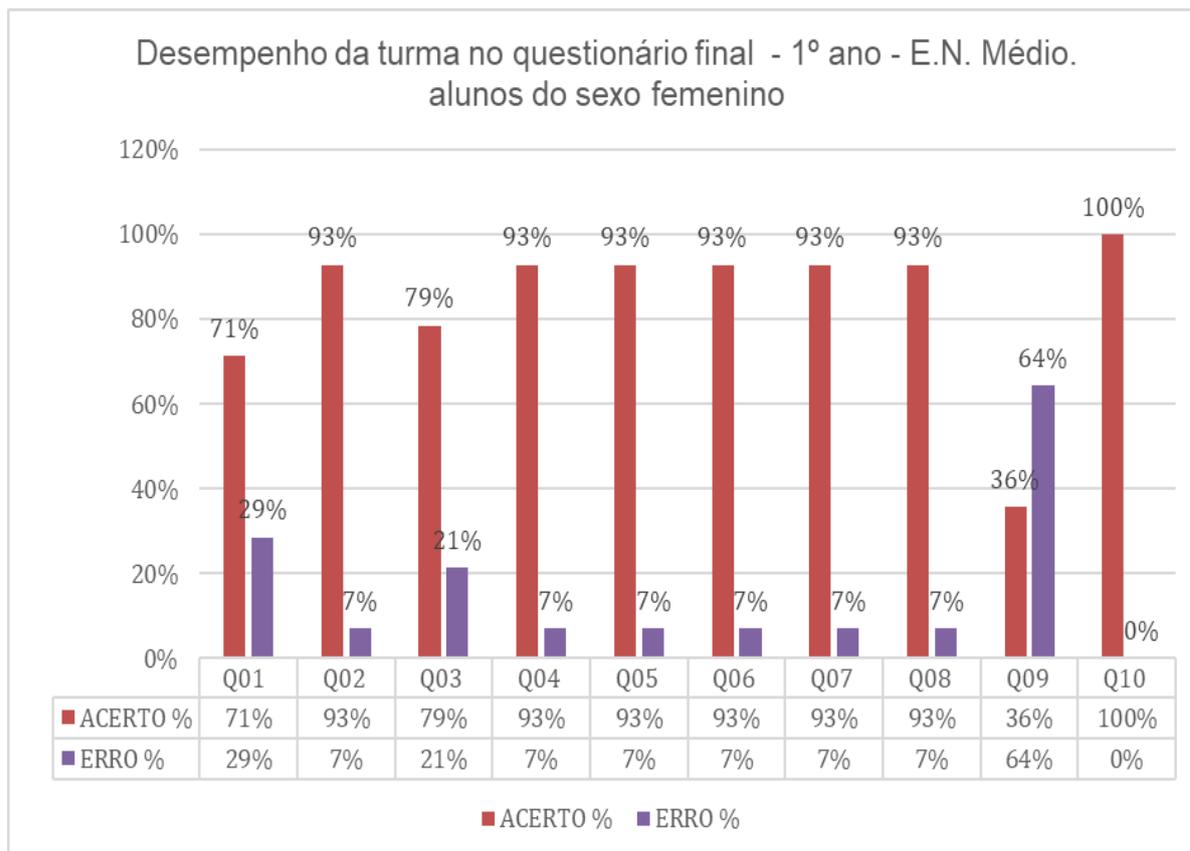
As alunas do sexo feminino apresentam ideias ou conceitos sobre a 2ª lei de Kepler e referenciais inerciais, porém há situações sem suporte em que as alunas se saíram bem comparado com o desempenho da turma e de seus colegas do sexo masculino.

Gráfico 5 – Desempenho da Turma no Questionário Final: Sexo Masculino



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Gráfico 6 – Desempenho da Turma no Questionário Final: Sexo Feminino



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

8.3. Desempenho dos Alunos na Sequência Didática

Os alunos do 1º ano do Ensino Médio alcançaram o objetivo proposto nas aulas da comparação do campo gravitacional com os cálculos mostrados. Porém pode se observar que o conceito de inércia para os educandos, há ainda confusões sobre corpos de maior e menor massa supondo que Saturno seria um corpo de grande massa.

As atividades da 3ª lei de Kepler realizada pelos alunos em seus cálculos mostraram que os planetas sim descrevem uma lei harmônica o que deixou os alunos empolgados e claro que para eles é um desafio a encontrar o mesmo valor para os próximos dados de cada planeta. Em questão do gráfico os alunos mostram sim suas dificuldades. O que faltou nesta atividade seria a ênfase nas aplicações como no cálculo do período dos satélites, no entanto o tempo foi pouco para desenvolver outras atividades.

A oficina de construção da base do foguete possibilitou uma empolgação aos alunos em fazer funcionar o seu foguete alguns começaram a pesquisar

vídeos na internet e mostrar para enriquecer a oficina e mais ainda a atividade de colocar 50 gramas de águas no balão de 6.5 criou a experimentação por meio da medição. Nas oficinas os alunos demonstravam dificuldades em medir os canos da base do foguete a quantidade de massa da água para inserir no bico do foguete, percebeu-se que alguns alunos não sabem medir.

8.3. 1 A avaliação no Processo de Aplicação da SD

A avaliação dos alunos do 1ºano do Ensino Médio foram realizadas por meio de questionários, atividades discursivas e atividades fechadas e atividades em grupo, voltadas ao processo de aprendizagem mais significativo alinhado a teoria de Ensino e Aprendizagem de David Ausubel; Porém podemos definir que o questionários inicial corresponde a uma ferramenta útil ao docente na verificação dos conhecimentos prévios promovendo o que chamamos de avaliação diagnóstica; Segundo (MIRA; SOLE, 1996) essa forma de avaliar o aprendiz tem como intenção de colher informações sobre a capacidade dos alunos antes do processo de ensino e aprendizagem observando as suas carências conceituais.

As atividades em forma de cálculo como o caso da constante da 3ª lei de Kepler e comparação dos campos gravitacionais dos planetas leva os alunos ao processo de avaliação somativa que tem a finalidade de determinar o grau de domínios dos alunos no final de uma etapa. De acordo com (KRAEMER, 2005, p.8) “a avaliação somativa tem como objetivo determinar o grau de domínio do aluno em uma área de aprendizagem, o que permite outorgar uma qualificação que, por sua vez, pode ser utilizada como um sinal de credibilidade da aprendizagem realizada”.

Para avaliar as atividades em grupo nas oficinas, atividades como exercícios sobre lançamento oblíquo e nos seus erros do cálculo de força peso com diferentes acelerações optei por avaliar os educandos por meio da avaliação formativa que tem como propósito de indicar quais são as dificuldades dos sujeitos envolvidos no processo de aprendizagem (SOUZA, 2016). Para (NOGUEIRA; SOUZA, 2002) essa avaliação é de grande importância para o professor pois através dela o docente avalia suas ações desenvolvendo um novo planejamento para sanar as dificuldades dos alunos em suas aulas.

8.4. Dificuldades na Aplicação da Sequência Didática

Obteve-se algumas dificuldades no período da aplicação da sequência didática proposta as dificuldades estão relacionadas a logística para chegar na escola. As carências de conceitos matemáticos e materiais fornecidos para o protótipo dos foguetes.

A escola se encontra na região sul da cidade de Coari, porém minha residência se encontra na região oeste da cidade era necessário desembolsar oito reais de moto táxi para chegar na referida escola.

Os alunos do 1º ano do Ensino Médio apresentaram dificuldades na manipulação dos dados dos planetas como massa, diâmetro equatorial, raio médio e período orbital essas características dos planetas obedecem a uma ordem de grandeza então sugeri trabalhar com notação científica, mas, no entanto, surgiu outra dificuldade relacionada a potenciação. Furneci um exemplo como manipular números grandes e operar em base dez e usar as regras da potenciação do produto e da divisão, no entanto, amenizou as carências via exemplo mais ainda notei que ainda os alunos necessitam de uma revisão sobre potenciação, pensei em ministrar uma aula de matemática, mas repensei não seria viável por atrapalhar o planejamento das aulas da sequência didática proposta. A melhor opção para os alunos seria o uso da calculadora no cálculo do campo Gravitacional e nos cálculos da 3ª lei de Kepler.

Um outro obstáculo para a construção da terceira lei de Kepler no laboratório de informática foram os seguintes a disponibilidade do laboratório de informática; Os alunos deveriam apresentar alguma noção de *excel* conversei com os alunos sobre o *excel* no entanto como nas quartas feiras os alunos participavam da aula da disciplina eletiva de informática e assim perguntei ao professor como estavam o nível de aprendizado dos alunos com o aplicativo, segundo o professor os alunos apresentavam conhecimento razoável no entanto para construir um gráfico no *excel* seria viável somente para uma aula.

Para produzir os protótipos das bases e os foguetes a referida instituição não apresentava nenhum material o suporte que a escola forneceu foi o local, ou seja, o laboratório de ciências durante uma semana o laboratório de ciências ficou à disposição para a construção do protótipo dos foguetes nos quais

utilizamos os seguintes materiais neste local: Uma balança pequena, um alicate, tesouras, um tubo de barbante, isqueiro e uma vela.

Para a construção dos protótipos dos referidos foguetes os materiais foram disponibilizados pela a bolsa do Mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM.

Houve outros gastos para a aplicação da Sequência Didática como gastos com cópias do questionário inicial e final e outras atividades.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A turma participante da pesquisa em relação a conhecimentos prévios apresentou carências em alguns tópicos de Astronomia e leis de Newton e habilidades de matemática antes da aplicação da Sequência Didática, entretanto não deve somente culpar os alunos por essas carências, pois estes passaram um ano sem aula devido a pandemia.

A Sequência Didática Proposta serviu como uma ferramenta que tornou o processo de ensino e aprendizagem mais eficiente para o docente e para o Aprendiz. Para o docente serviu como guia para retirar a ideias que ensinar física está somente baseada nas aplicações de uma expressão matemática já pronta e aplica-la, entretanto, o que é mais importante são os conceitos que de certa forma são insubstituíveis e através dos conceitos pode-se checar as aplicações.

Em relação ao aprendizado a Sequência Didática proporciona atividades diferentes das aulas tradicionais do quadro e pincel as atividades são os experimentos as oficinas voltadas à teoria de construir o conhecimento por meio da interação entre o sujeito e o objeto estudado. Apesar de criticar a aula tradicional por ser cansativa devemos olhar para outro lado, pois sabe-se que a aula tradicional é importante sim, mas com seu tempo terminado e logo as atividades diferenciadas podem servir de complemento.

As oficinas da 3ª lei de Kepler e da construção da base e lançamento dos foguetes foram importantes pois elas relacionam o conhecimento da literatura ou seja os conhecimentos científicos com a prática assim o aluno poderá observar em seus cálculos que a constante de 3ª lei de Kepler tem significado físico e se analisarmos para a oficinas de gravitação o aprendiz compara os valores das acelerações adquiridas em seu cálculo em fim o mais

importante na aplicação deste trabalho foi oficina da construção da base e lançamento dos foguetes que relacionou os conceitos das leis de Newton como medição e ângulo de lançamento. Todas essas atividades possuem a função de possibilitar o crescimento da estrutura cognitiva do sujeito, ou seja, o aluno é principal responsável por construir o conhecimento.

É importante ressaltar que para que a Sequência Didática de Astronomia e Astronáutica seja aplicada é necessário realizar um planejamento sério, organização, competência profissional, ou seja, o professor deve possuir conhecimentos básicos e além disso um espaço físico que proporcione a criação dos experimentos e oficinas.

Nesta dissertação realizou-se alguns comentários sobre o livro didático não abranger todos os conteúdos de Astronomia e Astronáutica, na verdade essa crítica apesar de ser destrutiva, olhamos para o currículo da escola que deve ser diferenciado ou seja deve abranger outros conteúdos assim o livro não contempla os outros conteúdos de Astronomia e Astronáutica o ideal seria a escola possuir uma disciplina específica para as ciências do estudo do espaço sideral.

REFERÊNCIAS

ANDERSSEN, Luc. Comparação do Tamanho das Estrelas. **YouTube, 7 de agosto de 2016. Disponível em:** < <https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4>>. Acesso em 30 de março de 2021.

ANDRADE, Márcia Andreia Ramos de et al. **Criação de um espaço não formal como organizador prévio para o ensino de astronomia.** 2016.77f Dissertação de Mestrado em Ensino de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto Federal do Amazonas e Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

AROCA, Sílvia CALBO e Silva, Cibelle, Celestino. **Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares.** Revista Brasileira de Ensino de Física [online]., v. 33, n. 1. pp. 01-11, 2011. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/9bz734pHGKDB6s57YC8RrYs/?format=pdf&lang=pt>>Acessado 10 setembro 2021.

ASTRONOMIA. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7 Graus, 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/Astronomia/>>. Acesso em: 07/09/2021

ARAÚJO, Denise Lino de. **O que é (e como faz) sequência didática.** Entre palavras, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de ensino de física, v. 25, p. 176-194, 2003.

ATAIDE, Márcia Cristiane Eloi Silva; DA CRUZ SILVA, Boniek Venceslau. **As metodologias de ensino de ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da ciência.** HOLOS, v. 4, p. 171-181, 2011.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).** Ciências. Brasília: MEC, 1988

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+).** Ciências da Natureza e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. **Ministério da Educação. Governo Federal. Base Nacional Comum Curricular, 2017.** Disponível em:< <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> >Acesso em: 07 jun. 2018.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da Física.** Zahar, 2000.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Introdução à Astronomia. Universidade Aberta e a Distância do Brasil.** UFES. Vitória, 2012.

BRITO, Alan Alves; CORTESI. **A. Complexidade em Astronomia e Astrofísica. Revista Brasileira de Ensino de Física** [online]., v. 43, n. Suppl 1], e20200418. p.3-18, Março de 2021.

BOCZKO, Roberto. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984

CABRAL, Natanael Freitas. **Seqüências didáticas: estrutura e elaboração**. Belém: SBEM-PA, 2017.

CANALLE, J. B. G. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)** (2014).In O. T. Matsuura, História da Astronomia no Brasil, Recife: CEPE (v. II, cap. 14, 419 – 449).

CANALLE, Joao Batista Garcia. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). História da Astronomia no Brasil**. 2013 Volume II. p. 419 - 447.

CANALLE; João Batista Garcia. et al.1 **XXII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Relatório de 2019.disponível em:< http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio>. Acesso em 29 de agosto de 2021.

CANALLE, João Batista Garcia; MATSUURA, Oscar Toshiaki. **Formação continuada de professores: curso de astronáutica e ciências do espaço**. São Paulo: Editado pelo programa AEB Escolada Agência Espacial Brasileira, 2007.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10.ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, Taciana Fernanda Genzini de; RAMOS João Eduardo Fernandes. **A BNCC e o ensino da astronomia: o que muda na sala de aula e na formação dos professores**. Revista Currículo & Docência, Campus do Agreste (Pernambuco), N.º 02, p. 84-101, 2020.

CARBONI, Ariovaldo. **Astronomia no ensino médio: uma proposta de seqüência didática**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8466>. Acesso em 21 de outubro de 2021.

CARLEIAL, Aydano Barreto. **Uma breve história da conquista espacial**. **Parcerias Estratégicas**, v. 4, n. 7, p. 21-30, 2009..

CARAVIELLO, Thiago Paulin. **História da Astronomia**. Disponível em:<https://d6scj24zvfbo.cloudfront.net/17c367650f6af6b6f0dc83a2212aa00d/200000290-b0d2db0d2f/história_da_astronomia_21-3.pdf?ph=9cb1ba8bb6> acesso em 13 de março de 2021.

CARUSO, Francesco; FREITAS, Nilton de. **Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CESTARI, Thiago Nunes. **Uma proposta de ensino de fundamentos de astronomia e astrofísica via ensino sob medida**. 2018. 129 f. Dissertação de Mestrado Profissional em ensino de Física – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, RS. 2018.

CRIVELARO, Bruna Lauana. **O uso da sequência didática no ensino de física na disciplina de ciências**. In: XVIII SEDU - Semana DA Educação I Congresso Internacional de Educação Contextos Educacionais: Formação, Linguagens e desafios, Londrina, 2019.

COSTA, et al. Divulgação e ensino de astronomia e física por meio de abordagens informais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. e5401, Maio 2018. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>>. Acesso em: 11 de setembro de 2021.

COPCESKI, et al, Amanda Fernanda Nunes; **Uma Relação Possível em Sala de Aula: Construção e Lançamento de Foguetes**. In: I Encontro Matogrossense de professores que ensinam Matemática. 2018.

DAMASCENO, Júlio Cesar Gonçalves. **O ensino de Astronomia como facilitador nos processos de ensino e aprendizagem**. 2016. 142 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Grande Janeiro de 2016.

DIAS, C. A. C. M.; SANTA RITA, J. R. **Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, São Carlos (SP), n. 6, p. 55–65, 2008.

DOCA, Ricardo Helou; BISCOLOLA, Gualter Jose; BOAS, Newton Villas. **Os tópicos da física 1: mecânica**. Saraiva, 2016.

DOMINGOS, Rafael Brock; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. **Uso do software Stellarium em atividades de ensino de astronomia**. Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada, v. 8, n. 1, 2021.

FRANCO, Donizete Lima. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio**. Revista triângulo, v. 11, n. 1, p. 151-162, 2018.

FERREIRA, Rodrigo Santa Cruz.: **Oficina de foguete: Aspectos Interdisciplinares Entre Astronomia, Astronáutica e Física**, 2016, 50 f. Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia - Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Universidade Federal da Bahia, Feira de Santana, Bahia, 2016

FERREIRA, Dirceu; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **Desafios e possibilidades no ensino de Astronomia**. Cadernos PDE. Paraná, v, I, p. 2356-8, 2008.

FERREIRA, Dirceu; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **Desafios e possibilidades no ensino de Astronomia**. Cadernos PDE. Paraná, v, I, p. 2356-8, 2008.

FERNANDES, Francisco CR et al. **Relato das atividades de extensão e educação não-formal no ensino de Física e Astronomia realizadas no subprojeto PIBID-FÍSICA da UNIVAP**. Anais do II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia-SNEA, São Paulo-SP, 2012a. Disponível em: <https://www.sab-astro.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/SNEA2012_TCP52.pdf>. Acesso em, v. 8, 2021

FREITAG, Isabela Hrecek. **A importância dos recursos didáticos para o processo ensino-aprendizagem**. Arquivos do MUDI, v. 21, n. 2, p. 20-31, 2017.

FIGUEIRA, Jalves S.; VEIT, Eliane A. **Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, p. 203-211, 2004.

FILHO, Gilmar Ferreira De Aquino; et al. **“Ausubel: aprendizagem significativa e avaliação”**, Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (octubre 2015). Disponível em:< Ausubel: aprendizagem significativa e avaliação (eumed.net)> Acesso em 22 de Outubro de 2021.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, p. 259-272, 2003.

FIGUEIRA, Jalves S.; VEIT, Eliane A. **Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, p. 203-211, 2004.

FONTANELL; a D, MEGLHIORATTI, FA. **Educação em Astronomia: contribuições de um curso de formação de professores em um espaço não formal de aprendizagem** Revista Eletrônica de Educação, v. 10, n. 1, p. 234-248, 2016.

FUKUI, Ana et al. **Ser Protagonista: Física** 1º ano-Ensino Médio. 2016.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: 1º ensino Médio, 2ª edição, editora: Ática, São Paulo, 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GHEDIN, Evandro. **Teorias psicopedagógicas do ensino aprendizagem**. Boa Vista: UERR Editora, p. 19-20, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002

GOMES, Claudio Alexandre. Sequência Didática: **o Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental anos Finais com Foco na Olimpíadas Brasileira de Astronomia E Astronáutica –OBA**. 2019.64f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019.

GUERRA, Elaine Linhares de Assis. **Manual de pesquisa qualitativa**. Belo Horizonte: Grupo Ânima Educação, 2014.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física. 1 Ensino Médio** São Paulo: Ática, 2016.

HETEN, Gregório; PEREIRA, Jatenco. Observatórios virtuais- **Fundamentos de Astronomia, capítulo 1: Mecânica do Sistema Solar atualizado** em 11 /08/2010. Disponível em<: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>> Acesso em 12 de março de 2021.

IACHEL, G. LANGHI, RODOLFO; NARDI, ROBERTO. **Educação em astronomia: repensando a formação de professores**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, São Carlos (SP), n. 21, p. 69–81, 2016. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/252>. Acesso em: 5 set. 2021.

KAZUHITO, Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe; SHIGEKIYO, C. D. **Os alicerces da Física**. Vol. I, São Paulo, Editora Saraiva, 1998.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **A Avaliação da Aprendizagem Como Processo Construtivo de um Novo Fazer**. Avaliação (Campinas) [online]. 2005, vol.10, n. 02.

KEPLER, de Souza Oliveira Filho; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. Rio Grande do Sul: Livraria da Física, 2004.

KOBASHIGAWA, Alexandre Hiroshi et al. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, p. 212-217, 2008.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 14, n. 3, p. 041–059, 2015. Disponível em:< Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? | Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ufmg.br)> Acesso em: 5 set. 2021

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. **Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, São Carlos (SP), n. 2, p. 75–91, 2005.

LANGHI, Rodolfo e NARDI, Roberto **Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2009, v. 31, n. 4 p. 4402-4412. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400014>>. Acessado 10 setembro 2021.

LAVOR, O. P.; OLIVEIRA, E. A. G. Sequência Didática Interativa na Discussão do Conceito de Energia. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e22011, 2022. DOI: 10.26571/reamec.v10i1.13122. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13122>. Acesso em: 20 fev. 2023.

YAMAMOTO, Kazuhito et al. **Os Alicerces da Física**. vol. 1 mecânica. 1998.

LAVOURAS, Daniel Fonseca Relatório da I Olimpíada Brasileira de Astronomia, I OBA, 1998. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=4&pag=conteudo&m=s>> . Acesso em 29 de agosto de 2021.

LEÃO, Renata Sá Carneiro; TEIXEIRA, Maria do Rocio Fontoura. **A Educação em Astronomia na era digital e a BNCC: convergências e articulações**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 30, p. 115-131, 2020.

LEITÃO, Inês Achega. **Os diferentes tipos de avaliação: avaliação formativa e avaliação sumativa**. 2014. 82 f. Mestrado em Ensino de Filosofia no Ensino Secundário – Universidade de Lisboa: Faculdade de Ciências sociais e Humanas, Portugal, 2013.

LIBÂNIO, José Carlos et al. Didática e trabalho docente: a mediação didática do professor nas aulas. **Concepções e práticas de ensino num mundo em mudança. Diferentes olhares para a didática**. Goiânia: PUC GO, p. 85-100, 2011

LIMA, Batista de Souto. **Astronomia no Ensino de Ciências: A Construção de Uma Sequência Didático-Pedagógica a Partir da Análise dos Livros Didáticos de Ciências**, Dissertação de Mestrado em Ciências - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, DF 2018.

LONGHINI, Marcos Daniel; MENEZES, Leonardo Donizette de Deus. **Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações**

problemas propostas a partir do software Stellarium. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 433-448, 2010.

LOREIAN, Ingridy; DARROZ, Luiz Marcelo; DA ROSA, Cleci Teresinha Werner. **Organizadores prévios no processo de ensino de Física: o que dizem os periódicos da área.** Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v. 16, n. 37, p. 210-223, 2020.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: 1 ensino médio.** São Paulo: Scipione, v. 1, 2008.

MANFRINI, Luíza. **A Importância da Astronomia na História da Humanidade,** publicado por AEROJR. em 8 de abril de 2019; Disponível em:< <https://aerojr.com/blog/importancia-da-astronomia/>>. Acesso em 7 de setembro de 2021.

MARQUES, Railson C. **Aplicação do Questionário Inicial.2021.** 1 fotografia.567 x 361 pixels.

MARQUES, Railson C. **Apresentando as leis de Newton.** 2021. 1 fotografia.472 x 272 pixels.

MARQUES, Railson C. **Calculando a Força Gravitacional.** 2021. 1 fotografia.451 x 229 pixels.

MARQUES, Railson C. **Valores da aceleração da Gravidade de alguns astros.** 2021. 1 fotografia.472 x 320 pixels.

MARQUES, Railson C. **Alunos explorando o stellarium.** 2021. 1 fotografia. 621 x 453 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 1.** 2021. 1 fotografia. 617 x 438 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 2.** 2021. 1 fotografia. 598 x 348 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 3.** 2021. 1 fotografia. 614 x 458 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 4.** 2021. 1 fotografia. 631 x 346 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 5.** 2021. 1 fotografia. 619 x 414 pixels.

MARQUES, Railson C. **Resposta de Aluno 6.** 2021. 1 fotografia. 568 x 420 pixels.

MARQUES, Railson C. **Aula 8.** 2021. 1 fotografia. 602 x 470 pixels.

MARQUES, Railson C. **Oficina da 3ª lei de Kepler**. 2021. 1 fotografia. 600 x 429 pixels.

MARQUES, Railson C. **Tabela do resultado final da 3ª lei de Kepler**. 2021. 1 fotografia. 601 x 354 pixels.

MARQUES, Railson C. **Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo**. 2021. 1 fotografia. 618 x 420 pixels.

MARQUES, Railson C. **Cálculos da 3ª lei de Kepler 2º grupo**. 2021. 1 fotografia. 567x 403 pixels.

MARQUES, Railson C. **Cálculos da 3ª lei de Kepler 3º grupo**. 2021. 1 fotografia. 591x 408 pixels.

MARQUES, Railson C. **Cálculos da 3ª lei de Kepler 1º grupo de Urano e outros**. 2021. 1 fotografia. 567x 425 pixels.

MARQUES, Railson C. **Alunos no explorando o excel**. 2021. 1 fotografia. 585x 410 pixels.

MARQUES, Railson C. **Oficinas da base do Foguete**. 2021. 1 fotografia. 500x 324 pixels.

MARTINS, M. **O valor do ensino da astronomia e astronáutica nas escolas**. AEROJR, outubro 2019. Disponível em: <O Valor do Ensino da Astronomia e Astronáutica nas Escolas (aerojr.com)>. Acesso em 04 de setembro de 2021.

MEDEIROS, Amanda. **A importância da astronomia para a transformação tecnológica**. Revista: Consumidor Moderno, publicado em 30 de julho de 2021. Disponível em: <<https://www.consumidormoderno.com.br/2021/07/30/astro-nomia-transformacao-tecnologica/>>. Acesso em 7 de setembro de 2021.

MELLO, Ana Posses, Duília de; PONTE, Geisa. **Entenda como a astronomia é essencial na sua vida**, Revista: Galileu. Publicado em 14 Jan de 2020. Disponível em : <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2020/01/entenda-como-astronomia-e-essencial-na-sua-vida.html>>. Acesso em 7 de setembro de 2021.

MENEZES, Ebenezer Takuno de. **Verbetes transposição didática**. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira** - Educa Brasil. São Paulo: Editora Midiamix, 2001. Disponível em <<https://www.educabrasil.com.br/transposicao-didatica/>>. Acesso em 19 jan 2022.

MENEZES, Josinalva Estácio–UFRPE; SILVA, Ronald de Santana da–UFRPE; QUEIROZ, Simone Moura–UFRPE. **A transposição didática em chevallard: as deformações/transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula**. In: Congresso Nacional de Educação. 2008. p. 1191-1201.

MELLO Ana Posses; PONTE, **G. A importância da astronomia na história da humanidade.** **Galileu**, janeiro 2019. Disponível em <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2020/01/entenda-como-astronomia-e-essencial-na-sua-vida.html>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

MIQUELANTE, Marileuza Ascencio et al. **As modalidades da avaliação e as etapas da sequência didática: articulações possíveis.** *Trabalhos em Linguística Aplicada* [online]. 2017, v. 56, n. 1, pp. 259-299. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/010318135060199881>>. Epub Jan 2017. ISSN 2175-764X. <https://doi.org/10.1590/010318135060199881>. Acessado em 1 de Maio 2022.

MIRAS, Mariana, and Isabel SOLÉ. "A evolução da aprendizagem e a evolução do processo de ensino e aprendizagem" in Coll, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. *Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação.* (1996).

MORAES, L. D.; SILVEIRA, I. F. **Educação não formal em astronomia: Análise de artigos acadêmicos nacionais e internacionais.** *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, v. 8, n. 3, p. 189–209, set. 2020. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10625>>. Acesso em 21 de outubro de 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, Marco A. O que é aprendizagem significativa afinal. **Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT**, v. 23, 2012.

MORAIS, M. B. **A Origem Do Universo, Da Vida E Do Homem.** Clube de Autores, 2011.

MORAZ, EDUARDO. **Entendendo E Dominando Excel.** Universo dos Livros Editora, 2006.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência?. **Revista Brasileira de História da ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, Cássio Stein. **Física para o ensino médio: gravitação, eletromagnetismo e física moderna.** EDIPUCRS, Porto Alegre, 2011.

NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; et al. **Objetos de aprendizagem e o Microsoft Excel como ferramentas auxiliares no Ensino de Física.** *Revista Caderno Pedagógico*, v. 13, n. 1, 2016.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Foguetes – Manual do professor com atividade de Ciências Matemática e Tecnologia/** NASA; Traduzido pela Universidade do Vale da Paraíba – São Jose dos Campos; Univap, 2001. p.134

NARDI, Roberto; IACHEL, Gustavo: **Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores** In: Ensino de Ciências e Matemática I: Temas sobre a formação de professores, São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. pg. 75 a p 91

NETO, José Augusto da Silva Pontes. **Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas.** Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, 2006

NETO, João Barcelos. **Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana.** Editora Livraria da Física, 2004.

SALVADOR, Nogueira, **Extraterrestre: Onde eles estão e como a ciência vai encontra-los.** editora: Abril S.A, São Paulo, 2014.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Astronomia: ensino fundamental e médio. Coleção explorando o ensino:** vol. 11. Brasília: MEC. SEB/MCT/AEB, 2009. 232 p.

_____.; CANALLE, J. B. G. **Astronáutica: ensino fundamental e médio. Coleção explorando o ensino:** vol. 12. Brasília: MEC. SEB/MCT/AEB, 2009. 232 p

NOGUEIRA, Karina Eduarda Silva; DE SOUSA, Solange Lima. **Uma física em contexto 1º ensino médio breve discussão sobre avaliação educacional e os tipos de avaliação: formativa e somativa.** Cadernos da Pedagogia, v. 16, n. 34, 2022.

NUNES, Ana Ignez Belém Lima; SILVEIRA, Rosemary do N. **Psicologia da aprendizagem.** EdUECE, Fortaleza/CE, 3ª edição, 2015.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de física básica: Mecânica** (vol. 1). Editora Blucher, 2013.

OLIVEIRA, Maria Marly de . **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Editora Vozes Limitada, 2013.

OLIVEIRA, L. H. H. **A escola vai à Mostra de Astronomia do ES: diálogos entre a educação formal, não formal e informal para o desenvolvimento da cultura científica. Cadernos de Astronomia,** Vitória, v. 1, n. 1, p. 150–156,2020. Disponível em <<https://periodicos.ufes.br/astrologia/article/view/31433/21252>> acesso em 21 de setembro de 2021

OLIVEIRA, Aline Alves de. **Contribuições de um curso de formação continuada em astronomia para professores de ciências dos anos finais do ensino fundamental**. 2020. 162 f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, 2020, Maringá, PR

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, CJ de H. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf, 2011. p. 32.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO. **Escola em Tempo Integral Professor Manuel Vicente Ferreira Lima**, Coari, 2021. SILVA. Francy Valnice de Souza. Dados sobre o Projeto Político Pedagógico da Escola 2021.

PRAIA, João Félix. **Aprendizagem significativa em D. Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino**. Teoria da aprendizagem significativa. Peniche, Portugal, p. 121-134, 2000.

PENA, Fábio Luís Alves. **Como trabalhar com “TIRINHAS”**. Física na escola, v. 4, n. 2, 2003.

PEREIRA, Carolina Machado Rocha Busch; CARLOTO, Denis Ricardo. **Reflexões sobre o papel social da escola**. Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia Florianópolis, v. 3, n. 4, maio 2016.

PEREIRA, Moisés Lobo D.'Almada Alves; et al. **Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinhos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 896-926, 2016.

PEREIRA, Rodrigo Dutra. **Algumas considerações sobre a importância do estudo de Noções básicas de Astronomia para o aprendizado de Física no Ensino Médio**. 2021. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, 2021.

PREADO; Antônio Fernando Bertachini de Almeida. **A Conquista do Espaço do Sputnik a Missão Centenário**. Editora Livraria da Física, 2007.

PIETROCOLA, MAURICIO, et.al.: **Física 1 em Contextos Manual do Professor**, 1ª edc., Editora do Brasil, São Paulo, 2016.

PIRES, Antônio ST. **Evolução das Idéias da Física**. Editora Livraria da Física, 2011.

PINTO, Cíntia Maria da Silva Ferreira, et al. **Dificuldades no Ensino de Astronomia em sala de aula: Um Relato de Caso**. Revista Vivências em Ensino de Ciências, Pernambuco, Volume 2, p.65 a 75, 26 e 27 de Novembro de 2018. Disponível em :<
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias/article/view/239727/31301>> Acesso em 29 de agosto de 2021.

PINHO DE ALVES FILHO, Jose. **Atividades experimentais: Do método à prática construtivista**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação.

POLIDORO, Lurdes de Fátima; STIGAR, Robson. **A transposição didática: a passagem do saber científico para o saber escolar**. Ciberteologia–Revista de Teologia & Cultura. Ano VI, n. 27, p. 153-159, 2010.

PORTO, Deivid Andrade.: História da Astronomia: A evolução da ideia do universo da antiguidade à idade moderna. Disponível em: < História da Astronomia - Deivid Porto.pdf (univasf.edu.br) > Acesso em 24 de agosto de 2021.

PUHL, Gabrieli Talis; PAULI, Diandra Lais; SCHMIDT, Janaína Horn. **Aprendizagem de conhecimentos por sequências didáticas: um estudo da realidade da sala de aula**. Salão do Conhecimento, v. 6, n. 6, 2020.

RAMALHO, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física**. São Paulo: Moderna, v. 1, 2009

REIS, Ana Paula dos. **Dificuldades dos estudantes nas disciplinas de exatas do ensino médio**. 2016. 18 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais)—Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016.

REIS, M. T.; LÜDKE, E. **Levantamento de interesses dos estudantes sobre astronomia: um olhar sobre as orientações para o currículo de ciências nos anos finais do ensino fundamental**. *Vivências*, v. 15, n. 28, p. 152-164, 15 jun. 2019.

RIBEIRO, E. M. L. **Uma análise simples dos organizadores prévios em livros didáticos de Física do Ensino Médio**. 2014. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

ROSADO, Antônio; SILVA, Catarina. **Conceitos básicos sobre avaliação das aprendizagens**. Relatório de Estágio 1999. Disponível em: < CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AVA... (webnode.com)> acesso em 14 de abril de 2022.

ROSSETTO, Alda Fontoura. **Uma proposta de sequência didática na abordagem de conceitos básicos no ensino de astronomia**. 2019. 180 f. Dissertação de Mestrado Profissional em ensino de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Medianeira Universidade Tecnológica Federal do Paraná. MEDIANEIRA, 2019.

SANTOS, Dionei Ruã dos. **Limites e potencialidades do uso de tirinhas na significação de conceitos de física no ensino médio**. 2013.

SANTOS, Marcos Oliveira; et al . **Vivenciando a História da Astronomia por Meio de Tirinhas: Uma sequência para o Estudo de Escalas no Ensino**

Fundamental. Experiências em Ensino de Ciências, v. 16, n. 2, p. 346-366, 2021.

SALVADOR, Nogueira, Extraterrestre: **Onde eles estão e como a ciência vai encontra-los**, editora: Abril S.A, São Paulo, 2014.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. **O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa**. Revista ABEU, v. 1, n. 1, p. 9-14, 2013.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; et al. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SILVA, Cibelle Celestino. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no Ensino**. Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, Karina Nunes; GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira. Proposta para Integrar Tecnologias Digitais na Prática Docente. In: **XIX FÓRUM DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (CANOAS)**. 2019.

SILVA, Enilson Araújo da. **Sequência didática com temas motivadores no ensino de física**. 2016. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências E Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Ituiutaba, 2016.

SILVA; Heitor Felipe da; CARVALHO, Ana Beatriz Gomes Pimenta de. **Letramento científico nas aulas de física: um desafio para o ensino médio**, 22º Seminário de Educação, Tecnologia e Sociedade ; De 10 a 16 de outubro Núcleo de Educação On-line/ NEO; FACCAT, RS, Revista Redin. v. 6 Nº 1. Outubro, 2017.

SILVA, Karina Nunes; GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira. **Proposta para integrar tecnologias digitais na prática docente**. In: XIX fórum de pesquisa científica e tecnológica (canoas). 2019.

SOBRINHO, Aysllan De Sousa et al. **O papel da oba no ensino de astronomia**. Anais V CONEDU.. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/48187>>. Acesso em: 11/09/2021 22:52

SCHULER, Tunísia Eufrausino. **Oficina de foguete de garrafa PET: Atividades práticas no ensino de cinemática**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem significativa**. Revista conceitos, v. 10, n. 55, p. 55-60, 2004.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. vol. 1. LTC, Rio de Janeiro, 2009.

TREVISAN Sanzovo, Daniel; BALESTRA, Jayne Mateus. **A Astronomia presente no ensino de Ciências numa sala de aula**. Educação Pública, v. 19, nº 17, 20 de agosto de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/17/a-Astronomia-presente-no-ensino-de-ciencias-numa-sala-de-aula>. Acesso em 15 de janeiro de 2020.

TORRES, Wyllian; GNIPPER, Patrícia. **Tecnologias que você usa e que foram criadas para a exploração espacial**. Canaltech. Publicado em 15 de junho de 2014, Disponível em <<https://canaltech.com.br/espaco/tecnologias-que-voce-usa-e-foram-descobertas-pela-exploracao-espacial-22498/>>. Acesso em 7 de setembro de 2021.

UGALDE, M. C. P; ROWEDER, C. **Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem**. Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC), v. 6, Edição Especial, e099220, 2020

VANNUCCHI, Andrea Infantosi. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. 1996. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VASCONCELOS, Agenildo Alves de et al. **Proposta de uma sequência didática para o estudo do movimento orbital**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)- Centro de Ciências Exatas e Naturais - CCEN , Universidade Federal Rural do Semiárido , MOSSORÓ – RN, 2020 Disponível em:< <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5440> > . Acesso em 20 de Março de 2022.

VIEIRA, Luis Duarte; et al. A área de Ciências da Natureza nos PCNs e na BNCC. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 5, p. 105-122, 2021.

VOELZKE, Marcos Rincon;MACÊDO, Josué Antunes de . **Aprendizagem significativa, objetos de aprendizagem e o ensino de Astronomia**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 11, n. 5, p. 1-19, 2020.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. de F. Rosa. Artmend,Porto Alegre, 1998.