

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UANSER MENDONÇA EMMA EZEANOWAI

**O ENSINO DE ASTRONOMIA ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES DE
GARRAFA PET**

São Luís

2022

UANSER MENDONÇA EMMA EZEANOWAI

**O ENSINO DE ASTRONOMIA ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES DE
GARRAFA PET**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFMA – polo 47, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pinto Neto

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Karla Cristina Silva Sousa

São Luís

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Mendonça Emma Ezeanowai, Uanser.

O ensino de astronomia através da construção de foguetes de garrafa pet / Uanser Mendonça Emma Ezeanowai.
- 2022.

155 f.

Orientador(a): Antonio Pinto neto.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do Maranhão, Ufma, 2022.

1. Astronáutica. 2. Astronomia. 3. Ciências. 4. Física. 5. Foguetes. I. Pinto neto, Antonio. II. Título.

UANSER MENDONÇA EMMA EZEANOWAI

**O ENSINO DE ASTRONOMIA ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES DE
GARRAFA PET**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFMA – polo 47, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado (a) em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Pinto Neto (Orientador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão-UFMA

Prof. Dr. George Kouzo Shinomiya (Membro Externo)

Doutor em Educação

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho (Membro Interno)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

A Deus e à minha família, pelo apoio e incentivo constante por acreditar em meu potencial.

À minha esposa Jacqueline e aos meus filhos, Davi e Isadora, minhas fontes de inspiração, esperança e motivadores do meu potencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar.

A minha família, que é a minha maior incentivadora.

Ao meu orientador Dr. Antonio Pinto Neto, que em todos os momentos que precisei me atendeu com toda a sua sabedoria e dedicação exímia.

A minha coorientadora Dra. Karla Cristina Silva Sousa que, antes de tudo, foi e sempre será uma Professora maravilhosa que me ajudou na correção do meu trabalho.

Aos professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, que transmitiram infinitos conhecimentos.

A todos os colegas do curso pela amizade e companheirismo que ficarão marcados para sempre.

A todos os meus queridos amigos do C.M.T. I, em especial aos gestores, Tc. Brandão e Dona Yeda, minhas coordenadoras: D. Silvia, D. Núbia, Monice e Edileide. E a todos os meus parceiros de profissão, aqui em destaque o Prof^o Menezes, meu ex-aluno Roberto Nelson e meu amigo Gerson Costa, que me ajudaram bastante na aplicação do meu produto. Amigos especiais que sempre levarei em meu coração.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Desde cedo a mãe da gente fala assim: filho, por você ser preto, você tem que ser duas vezes melhor. Aí passado alguns anos eu pensei: como fazer duas vezes melhor, se você está pelo menos cem vezes atrasado...”

Pedro Paulo Soares Pereira

RESUMO

Este trabalho propõe a formulação e aplicação de uma metodologia que venha a despertar, em alunos do Ensino Fundamental, o interesse pela Ciência, em particular pela Física, Astronomia e Astronáutica. Para tanto, elaborou-se uma sequência didática fundamentada na Física, necessária à compreensão da Astronomia e Astronáutica, direcionada ao lançamento de foguetes. Esse trabalho foi executado em turmas do nono ano da Escola Militar Tiradentes I, localizada em São Luís do Maranhão. Na elaboração da sequência didática foram considerados os temas básicos de Física necessários à compreensão de conceitos e modelos utilizados no lançamento de foguetes. Tais conhecimentos foram ministrados através de aulas, seminários e oficinas executadas presencialmente e/ou remotamente. Utilizou-se os aplicativos *Symbolab*, *Tracker* e *Origin* para resolver integrais, modelar e elaborar gráficos sobre o movimento de foguetes de garrafas PET. Para avaliarmos os conhecimentos prévios, a aprendizagem e possíveis mudanças a serem incorporadas ao projeto, questionários implementados via *Google Forms* foram trabalhados. Os resultados obtidos validam tanto a sequência didática quanto a metodologia utilizada.

Palavras-chave: Astronomia; Astronáutica; Ciências; Física; Foguete; Sequência Didática.

ABSTRACT

This study proposes the formulation and application of a methodology that will awaken in Elementary School students an interest in Science, in particular, in Physics, Astronomy and Astronautics. For that, a Didactic Sequence based on Physics was elaborated, the latter necessary for the understanding of Astronomy and Astronautics, directed to the launching rockets. This work was carried out in ninth grade classes at the Tiradentes I Military School, located in São Luís do Maranhão. For data collection two questionnaires were applied using the platform “Google Forms”. Such knowledge was imparted through classes, seminars and workshops carried out in person and/or remotely. The apps *Symbolab*, *Tracker* and *Origin* were used to solve integrals, model and graph the rockets movement from PET bottles. To evaluate previous knowledge, learning and possible changes to be incorporated into the project, questionnaires implemented via Google Forms were developed. The results obtained validate both the didactic sequence and the methodology used.

KEY WORDS: Astronomy; Astronautics; Science; Physics; Rocket; Didactic Sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	1	Satélite <i>Sputnik I</i>	29
Figura	2	Réplica do Satélite <i>Sputnik II</i>	30
Figura	3	Laika em uma cápsula de treinamento antes de sua missão no espaço.....	30
Figura	4	Satélite <i>Vostok I</i>	31
Figura	5	Astronauta russo, Yuri Gagarin.....	32
Figura	6	Todos os lançamentos do foguete Saturno V.....	34
Figura	7	Armstrong trabalhando no Módulo Lunar	35
Figura	8	SCD-1 ainda antes do lançamento.....	39
Figura	9	Trajetória parabólica em relação à Terra	51
Figura	10	Velocidade inicial em relação ao plano vertical.....	52
Figura	11	Movimento retilíneo uniforme.....	53
Figura	12	Soma dos vetores.....	55
Figura	13	Movimento do foguete.....	56
Figura	14	Velocidade de exaustão do foguete.....	57
Quadro	1	Conteúdos Lecionados da 1ª Etapa.....	67
Figura	15	Aula do dia 18 de maio de 2019.....	68
Figura	16	Aula do dia 18 de maio de 2019.....	69
Figura	17	Palestra sobre Sistema Solar.....	70
Figura	18	Tutorial Confeção de Foguetes.....	71
Figura	19	Protótipos de foguetes dos alunos.....	72
Figura	20	Palestra sobre Astronomia.....	73
Figura	21	Aula sobre Fundamentação Vetorial.....	74
Figura	22	Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes.....	75
Figura	23	Oficina de Foguetes 01.....	76
Figura	24	Oficina de Foguetes 02.....	76
Figura	25	Oficina de Foguetes 03.....	77
Figura	26	Abastecimento de foguete.....	78
Figura	27	Acoplamento de foguete na base.....	79
Figura	28	Ignição do gatilho.....	79
Figura	29	Finalização do lançamento.....	80

Figura	30	Modelagem dos lançamentos.....	81
Figura	31	Deslocamento do foguete.....	82
Gráfico	1	Componente x da velocidade.....	83
Gráfico	2	Componente y da velocidade.....	83
Figura	32	Lançamento oblíquo.....	85
Gráfico	3	Velocidade da componente x.....	86
Gráfico	4	Alcance máximo.....	87
Gráfico	5	Altura máxima.....	88
Gráfico	6	Origem científica do Universo.....	89
Gráfico	7	Formação do Sistema Solar.....	90
Gráfico	8	Forças resultantes.....	91
Gráfico	9	Satélites em Órbita.....	92
Gráfico	10	Viagem Espacial.....	92
Gráfico	11	Manutenção no Espaço.....	93
Gráfico	12	Satisfação do Projeto.....	94
Gráfico	13	Tempo de Duração do Projeto Desenvolvido pelo Professor.....	95
Gráfico	14	Duração das Etapas.....	95
Gráfico	15	Temas Abordados.....	96
Gráfico	16	Conteúdos ministrados.....	96
Gráfico	17	Metodologia Ministrada.....	97
Gráfico	18	Sequência Didática desenvolvida.....	97
Gráfico	19	Teorias e Práticas desenvolvidas.....	98
Gráfico	20	Estratégias utilizadas para estímulos dos alunos.....	99
Gráfico	21	Compreensão científica dos alunos acerca do Sistema Solar.....	99
Gráfico	22	Estratégias desenvolvidas durante a pandemia.....	100
Gráfico	23	Nível de participação do Projeto.....	101
Quadro	2	Sugestão de melhorias para o projeto.....	101
Quadro	3	Engajamento e motivação para o estudo da Física.....	103

LISTA DE SIGLAS

ACS	-	<i>Alcântara Cyclone Space</i>
AEB	-	Agência Espacial Brasileira
AMZ	-	Programa Amazônia
AST	-	Acordo de Salvaguardas Tecnológicas
BNCC	-	Base Nacional Curricular Comum
CBERS	-	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CFAP	-	Centro De Formação e Aperfeiçoamento De Praças
CGEB	-	Coordenação de Gestão da Educação Básica
CLA	-	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	-	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CMT I	-	Colégio Militar Tiradentes I
CNE	-	Conselho Nacional de Educação
CNPq	-	Conselho Nacional de Pesquisas
COBAE	-	Comissão Brasileira de Atividades Espaciais
COBE	-	<i>Cosmic Background Explorer</i>
COMAER	-	Comando da Aeronáutica
CPTEC	-	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CTA	-	Centro Técnico da Aeronáutica
CTS	-	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCTA	-	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
EMBRAER	-	Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A
EUA	-	Estados Unidos da América
FAB	-	Força Aérea Brasileira
GOCNAE	-	Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais
IAO	-	Olimpíada Internacional de Astronomia
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INVESTSP	-	Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade
ISS	-	<i>International Space Station</i>
ITA	-	Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LDB	-	Lei de Diretrizes e Bases
LDBEN	-	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MCT	-	Ministério da Ciência e Tecnologia
MD	-	Ministério da Defesa
MEC	-	Ministério da Educação
MECB	-	Missão Espacial Completa Brasileira
MIT	-	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MOBFOG	-	Mostra Brasileira de Foguetes
NASA	-	National Aeronautics and Space Administration
OBA	-	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
PCN	-	Parâmetros Curriculares Nacionais
PEB	-	Programa Espacial Brasileiro
PET	-	Polietileno Tereftalato
SAB	-	Sociedade Astronômica Brasileira
SAO-RAS	-	<i>Special Astrophysical Observatory — Russian Academy of Sciences</i>
SCD-I	-	Satélite de Coleta de Dados I
SD	-	Sequência Didática
SEDUC	-	Secretaria de Estado da Educação
SE	-	Sequência Educacional
TIC	-	Tecnologias de Informação e Comunicação
UEPA	-	Universidade do Estado do Pará
UNESCO	-	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
URSS	-	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
VLS	-	Veículo Lançador de Satélites

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ASTRONOMIA	18
3	CIÊNCIA ASTRONÁUTICA	22
3.1	O que é a Ciência Astronáutica?.....	22
3.2	Histórias da Astronáutica	23
4	HISTÓRICO DOS FOGUETES	26
4.1	Corridas espacial e a chegada do homem à Lua.....	26
4.2	O programa espacial brasileiro.....	35
4.2.1	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	36
4.2.2	Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)	37
4.2.3	Agência Espacial Brasileira (AEB)	37
4.2.4	Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)	38
4.2.5	<i>Alcântara Cyclone Space (ACS)</i>	40
4.2.6	Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)	41
4.2.7	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)	42
5	ASTRONOMIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	44
5.1	O papel do professor no processo de ensino aprendizagem.....	44
5.2	O ensino da Ciências na escola.....	46
6	DINÂMICA DE FOGUETES	51
6.1	Lançamento oblíquo no vácuo.....	51
6.2	Movimento com massa variável no tempo.....	55
7	PRODUTO EDUCACIONAL	62
7.1	Sequência didática.....	62
7.2	Procedimentos Metodológicos.....	64
7.2.1	Ambientes e Público-Alvo.....	65
7.2.2	Disciplina e Conteúdos.....	65
7.2.3	Propostas de Ação e Estratégias Didáticas.....	66
8	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	89
8.1	Questionário de conhecimentos prévios.....	89
8.2	Formulário de avaliação do projeto.....	93
	CONCLUSÃO	105

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS.....	108
APÊNDICES.....	116
ANEXOS.....	123

1 INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma das mais antigas Ciências existentes. Suas primeiras fontes datam de aproximadamente 50.000 anos na forma de gravuras feitas em pedras, onde observa-se agrupamento de estrelas e constelações. Neste cenário, o homem sentiu a necessidade de conhecer o que existe a sua volta, como os fenômenos naturais que acarretam cada estação do ano, o fluxo migratório dos animais, claridade e escuridão, e identificar as fases da Lua, sendo conhecimentos determinantes para a sobrevivência do homem pré-histórico (AMARAL; LARANJEIRAS, 2008, p. 6).

Abrigado das intempéries e alimentado, o homem começa a questionar a sua existência, quem o criou, como surgiu o Universo e qual a sua relação com o criador, fazendo com que o conhecimento da Astronomia fosse associado ao caráter divino, misturando senso comum e religião. Ao longo do tempo, vários povos acreditavam que os astros eram deuses e que os fenômenos naturais resultavam dos anseios e determinações destes; entretanto, pouco a pouco a Astronomia se afastou do senso comum e das religiões, desenvolvendo um caráter puramente científico.

Para Trogello (2013, p.10), não é errado afirmar que as primeiras indagações humanas foram tecidas no campo da Astronomia, pois se pode conceber que os primeiros homínídeos se depararam com inúmeros fenômenos dispostos no céu, que foram reconhecidos em um segundo momento como cíclicos e capazes de prever e regulamentar um sistema temporal.

Com os conhecimentos científicos e tecnológicos atuais, acredita-se em uma concepção razoável acerca do Universo em que compreender, conhecer e explicar acerca do planeta Terra e do sistema solar constitui-se fundamental para a sociedade. Conhecer esses princípios e leis que regem o Universo propicia um entendimento sobre o equilíbrio ecológico do planeta.

Apesar da importância que o ensino da Astronomia tem na formação do indivíduo, seus conteúdos em sala de aula são, por muitas vezes, deixados de lado, embora o ensino de Astronomia seja regulamentado nos currículos oficiais da educação básica (BRASIL, 1998). O ensino de Ciências tem como conteúdos estruturantes a “Astronomia, Matéria, Energia, Sistemas Biológicos e Biodiversidade”.

A Astronomia é uma ciência que se apresenta com uma concepção ampla sobre a origem e evolução do Universo. O desenvolvimento científico e tecnológico utilizado por essa

ciência vem ampliando não apenas o conhecimento científico, mas também a aplicação de suas tecnologias no cotidiano. Importante destacar o impacto de tais tecnologias que vêm sendo utilizadas no setor aeroespacial e de sistemas de telecomunicações. Esses setores possuem maiores valores agregados aos produtos oferecidos, além de constituírem-se em áreas estratégicas de domínio tecnológico.

Por conta disto, o homem sempre teve o fascínio pelo Universo, assim como o grande desejo de desvendá-lo. No entanto, os primeiros estudos limitavam-se aos astros e estrelas visíveis a olho nu. Essa abordagem foi expandida com a invenção do telescópio, sendo encarado como o marco zero do aprofundamento do estudo da Astronomia.

A invenção da luneta e do telescópio é datada em 1608, realizada pelo holandês Hans Lipperhey (1560-1619), e que, anos seguintes, repercutiu de uma maneira assustadora entre os astrônomos. Galileu Galilei foi responsável por introduzir o telescópio como instrumento de observação na Astronomia e por meio de suas observações do céu, estabeleceu um novo patamar na observação astronômica.

A partir deste momento, os telescópios espaciais foram construídos e lançados com o objetivo de eliminar a interferência da atmosfera em observações astronômicas baseadas na Terra. Esse advento constitui-se um divisor de águas nas observações astronômicas, tais como deve-se destacar as observações feitas pelo telescópio espacial *Hubble*, o *Spitzer*, o *Chandra*, o *XMM - Newton* e o *COBE*, cuja observações realizadas aumentaram sensivelmente a precisão na Astronomia.

Hoje, os sistemas de telecomunicações e monitoramento são baseados em satélites que utilizam de todas as ferramentas desenvolvidas pela Astronomia na obtenção de imagens e transmissão de dados. A pesquisa aeroespacial é o setor que tem uma das maiores interações com a indústria, destacando-se o desenvolvimento de foguetes, aviões e outros veículos de transportes aéreos espaciais que constituem áreas, nas quais a consolidação da iniciativa privada encontra-se estabelecida.

No Brasil, o setor aeroespacial ocupa um campo muito extenso de atividades comerciais e militares, possuindo uma grande empresa integradora de aviões, a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A (EMBRAER), localizada em São José dos Campos, no estado de São Paulo, que atua no setor de desenvolvimento de produtos para os segmentos da aviação comercial e executiva. De acordo com o *site* da Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade (INVESTSP), “a economia paulista responde pela quase

totalidade do setor aeroespacial brasileiro, evidenciando-se o caráter predominantemente paulista dessa indústria” (INVESTSP, 2013).

No Maranhão, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) foi concebido no contexto da necessidade de um centro espacial com maior capacidade de lançamento e que atendesse o Veículo Lançador de Satélites (VLS), abrangendo diversas vantagens operacionais e econômicas. Devido a sua localização privilegiada, o CLA possui atributos tais como a segurança, economia e disponibilidade, conferindo-lhe importantes diferenciais competitivos.

Eduardo Piovesan e Francisco Brandão (2019) destacam que em relação ao cenário atual, a Câmara dos Deputados aprovou um acordo que permite o uso comercial da base de Alcântara. Esse acordo garante a restrição e o uso de tecnologias que possam vir a ter usos militares. Nesta nova configuração, o CLA será ampliado com a perspectiva para a utilização comercial por outros países. O governo federal brasileiro vem trabalhando no redirecionamento do CLA como uma locadora de terrenos e equipamentos para que artefatos espaciais sejam lançados da base de Alcântara.

Com este encadeamento, é inegável a associação que a Astronomia possui com a atividade e o desenvolvimento humano, já que caminham na mesma direção. A Astronomia está presente na construção do conhecimento humano sobre o Universo desde o início da civilização. Seja apenas por admiração do céu, por necessidade de locomoção, pela associação com o ambiente em que vive e entendimentos de fenômenos da natureza, essa Ciência é, sem dúvida, bastante ampla e totalmente ligada ao desenvolvimento humano e sua evolução.

Considerando-se tais perspectivas científicas e tecnológicas, as demandas instituídas pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC) e a proximidade com o CLA, promover atividades ligadas ao setor aeroespacial nas escolas maranhenses torna-se importante para desenvolver o interesse de alunos na área astronômica.

Após um breve passeio pela história das ideias que levaram a humanidade às observações celestes, bem como ao entendimento de como funciona o planeta Terra e o Universo em geral, torna-se evidente a importância do conhecimento da Astronomia, seja de modo amador ou profissional, pois não é de hoje que esta Ciência provoca, estimula, inquieta e fascina a curiosidade humana.

Diante do exposto, cabe a inserção de algumas indagações sobre o desenvolvimento da Astronomia na sociedade contemporânea e principalmente dentro das escolas, ambiente de ensino e aprendizagem, relacionando principalmente a Astronomia ao

estudo dos foguetes, sendo o nosso objeto de análise. Desse modo, coloca-se a Astronomia como tema transversal de ensino, em que, tais tópicos foram definidos como base nos conteúdos sobre o tema dispostos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), na Base Nacional Curricular Comum (BNCC), propondo um produto educacional que apresente uma Sequência Didática (SD) para o ensino de tópicos de Astronomia, voltado para o lançamento de foguetes, e terá como campo de aplicação o Colégio Militar Tiradentes I (CMT I).

O presente trabalho tem como objetivo norteador favorecer práticas experimentais em Astronomia, visando incentivar a confecção de foguetes didáticos, que servirão de instrumentos facilitadores no processo de ensino e aprendizagem da Física. Deste modo, dispõem os seguintes objetivos específicos: estimular visitas constantes aos laboratórios de Física, compreendendo-os como importantes instrumentos facilitadores de aquisição de conteúdos; perceber a relevância da utilização de experimentos como metodologia no ensino de Física; construir foguetes de garrafas *pet*; estimular a participação dos alunos na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) e na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA).

Destaca-se que o desenvolvimento deste projeto utiliza como base uma oficina para expor o fundamento teórico e a confecção de foguetes com material didático alternativo de acordo com o regulamento da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Este evento ocorre paralelamente à Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), ambos organizados pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB).

A oficina de lançamento de foguetes torna as aulas de Física mais dinâmicas e atrativas, possibilitando explorar assuntos de diversas áreas da Física; aproximando de modo mais concreto da percepção e assimilação dos conteúdos pelos alunos e também permitindo que outras áreas do conhecimento possam ser integradas no processo de crescimento cognitivo interdisciplinar no ambiente escolar.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: na seção um, está descrita a “Introdução” do trabalho; as seções dois, três, quatro, cinco e seis, descrevem temas necessários a abordagem do problema: “Astronomia”, “Ciência Astronáutica”, “Histórico de Foguetes” e “Astronomia e o Ensino de Ciências”; a seção sete aborda sobre a “Sequência Didática”, que se constitui como o principal pilar do produto educacional apresentado neste trabalho.

A sequência didática foi estruturada da seguinte forma: na primeira etapa, aulas sobre conteúdos básicos do ensino da física que foram ministradas; na segunda etapa, aplicou-se um formulário investigativo de conhecimentos prévios dos alunos sobre Astronomia. A terceira etapa consistiu-se em uma palestra sobre o sistema solar; para a quarta, foi disponibilizado um tutorial sobre a confecção de foguetes. A quinta etapa registra uma palestra ministrada sobre Astronomia. Uma aula da fundamentação vetorial necessária ao entendimento do movimento de foguetes estruturou a sexta etapa do trabalho, e, na sétima fase, propôs-se uma palestra sobre a “Dinâmica dos Foguetes”.

Os ciclos finais do trabalho, tais como na oitava etapa, trabalharam a otimização dos foguetes construídos pelos alunos, abordando parâmetros que possam vir a melhorar a sua construção. Em sequência, na nona etapa os foguetes construídos pelos alunos foram lançados; na décima fase foi utilizado o aplicativo *Tracker* para avaliar o desempenho de cada foguete. Em finalização, a décima primeira etapa registra a aplicação de um formulário avaliativo do projeto.

2 ASTRONOMIA

A Astronomia é considerada a Ciência mais antiga, visto que as descobertas arqueológicas vêm fornecendo evidências de observações astronômicas entre os povos pré-históricos. Assim, desde a Antiguidade, o firmamento é utilizado como mapa, calendário e relógio.

Para Matsuura (2013):

Astronomia, via de regra, aludia exclusivamente ao conhecimento dos astros e do universo (ciência dura) e às pesquisas relacionadas a esse conhecimento, realizadas nos departamentos de astronomia será entendida na acepção mais ampla, incluindo além da astronomia dura feita fora dos departamentos de astronomia como, por exemplo, em meteorítica (meteorito), raios cósmicos, ondas gravitacionais e cosmologia teórica, também as disciplinas adjacentes à astronomia [...] (MATSURA, 2013, p.27)

A percepção de que o homem poderia utilizar as estrelas como orientação em suas viagens e que as observações dos fenômenos celestes permitiam marcar a passagem do tempo fora primordial para a formação da ciência na humanidade.

Oliveira Filho (2004) informa que:

As especulações sobre a natureza do Universo devem remontar aos tempos pré-históricos, por isso a astronomia é frequentemente considerada a mais antiga das ciências. Os registros astronômicos mais antigos datam de aproximadamente 3000 a.C e se devem aos chineses, babilônicos, assírios e egípcios. Naquela época, os astros eram estudados com objetivos práticos, como medir a passagem do tempo (fazer calendários) para prever a melhor época para o plantio e a colheita, ou com objetivos mais relacionados à astrologia, como fazer previsões do futuro, já que, não tendo qualquer conhecimento de leis da natureza (física), acreditavam que os deuses do céu tinham o poder da colheita, da chuva e mesmo da vida. (FILHO,2004, p.1)

Assim, alude-se que a Astronomia se originou da necessidade do homem em se orientar, tendo como método a observação do céu; medir a passagem do tempo para descobrir a melhor época para cultivo e colheita, além de estabelecer uma cronologia para ocorrência de fatos. No entanto, desde a Antiguidade já existiam relatos de conhecimentos astronômicos sobre as constelações, o movimento dos astros e a ocorrência de eclipses.

Nas palavras de Horvath (2008):

Ninguém sabe de maneira definitiva como é que se iniciaram os estudos astronômicos. Provavelmente a curiosidade dos seres humanos pelos céus é muito antiga e suas origens se confundem com a origem da civilização. Os primeiros povos que deixaram a vida nômade e que cultivaram a terra para conseguir seu sustento deviam ter algum conhecimento das estações dos anos e outros fenômenos importantes para seus afazeres fundamentais (colheita e outros). Havia assim uma relação muito próxima entre a vida destes povos e os céus. (HORVATH, 2008, p.13)

Horvath (2008) ainda menciona que:

Tem-se conhecimento que no Mundo Antigo a Astronomia (isto é, estudos dos fenômenos celestes tais como movimentos planetários, eclipses e outros) e a Astrologia (ou seja, o estudo da suposta influência dos astros sobre as pessoas e a sociedade) estavam completamente misturadas. Tal profissão era em geral exercida por sacerdotes – mágicos ao serviço dos reis e imperadores, como aconteceu na Suméria e Egito. Entretanto, é um erro supor que, pelo fato de haver uma relação “mágica” entre fatos astronômicos e os fatos humanos, os povos antigos não conheçam conceitos mais objetivos e avançados desta ciência. (*idem*, 2008, p.14)

Os conhecimentos relativos à Astronomia são frutos de um processo que se confunde com o próprio desenvolvimento da humanidade, uma vez que esta Ciência é reconhecida como uma das mais antigas do mundo (PEDROCHI, DANHONI NEVES, 2005; MEURER, STEFFANI, 2009; GAMA, HENRIQUE, 2010). Neste sentido, é possível inferir ou ainda supor que as primeiras indagações humanas surgiram associadas às questões celestes.

Ciência do tempo e do espaço, a astronomia abarca tanto as origens como os extremos limites do futuro. É a ciência do infinito e da eternidade. A astronomia tem por finalidade fazer-nos conhecer o universo onde nos encontramos e do qual fazemos parte. (NICOLINI, 1991, p. 96 *apud* CAMPOS E NIGRO, 1999, p. 15)

Caniato (2013, p.56) declara que a relação dos homens com os astros teve início a partir do momento que este começou a andar ereto e repousar deitado, ocasionando-lhe a oportunidade de observar o céu. A partir dessas observações, o homem passou a associar relação causa/efeito e ocorrências cíclicas de fenômenos naturais. Assim, o homem estabeleceu a conexão entre o nascer e o pôr do Sol, com a duração do dia e da noite, bem como a sequência e a duração das estações do ano.

No entanto, durante este período, as ocorrências astronômicas permaneciam diretamente relacionadas com a religião e a cultura gerando uma associação com fatos dessa natureza. O estreitamento das relações entre a religião e a Astronomia propiciou o surgimento da astrologia, que permaneceu por muito tempo ligado com a Astronomia (PEREIRA, 2011).

Rocha (2015) acentua que:

As primeiras perspectivas a respeito da criação do universo, suas leis e suas criaturas eram de natureza mítica ou religiosa. Foi apenas a partir do século V, com os primeiros filósofos gregos, que a visão mítica e cosmogônica passaram a ser substituídas pelo pensamento filosófico que conseqüentemente evoluíram para uma abordagem científica da realidade: a cosmogonia e a mitologia dos povos antigos foram as ideias embrionárias que, lentamente, ao longo de milênios, evoluíram para ocasionar a ciência moderna. (ROCHA, 2015, p.37)

Caniato (2013, p.56) assevera que em se tratando desse aspecto cultural, pode-se retratar a cultura grega, por volta de 600 a.C., ganhando destaque pelo uso da racionalidade ao desvendar questões relacionadas a Astronomia. Desse cenário surgiram grandes nomes dessa

ciência, dentre eles, Talles de Mileto (640 a.C.), que além de ser filósofo era matemático e astrônomo; posteriormente Aristóteles (384 a.C.), Aristarco de Samos (270 a.C.), Hiparco de Niceia (século II a.C.), e muitos outros. Deve-se destacar, neste contexto, o ápice da astronomia grega: o livro *Almagest*, que descreve o modelo epíclito – deferente – equante, desenvolvido por Ptolomeu (85 d.C – 165 d.C). Observa-se, assim, que o modelo geocêntrico de Ptolomeu foi considerado verdadeiro por 1200 anos, fato extremamente raro na Ciência.

A mudança do geocentrismo para o heliocentrismo iniciou com o modelo heliocêntrico de Copérnico, com as observações de Ticho Brahé, as abstrações de Kepler, que culminaram com suas leis e com a utilização do telescópio por Galileu, como instrumento de observação astronômica.

Cavalcanti (2011) afirma que:

O telescópio foi o mais blasfemo, sedutor, revolucionário e fascinante instrumento científico. Este instrumento que aproximava objetos distantes foi visto pela ciência como o maior dos presentes, Galileu, aprimorou o desenho do telescópio em 1609, triturando as lentes, criou um telescópio que ampliava até 30 vezes, algo inédito na época. Galileu contemplou a mais clara e detalhada visão do céu até então, através do telescópio, ele provou definitivamente que o sistema solar era heliocêntrico, aquilo que Copérnico supôs por motivos estéticos e que Kepler deduziu utilizando medidas e cálculos, Galileu provou, viu e revelou. (CAVALCANTI, 2011, p.54)

Sendo assim, a Terra deixava de ser o centro estático e privilegiado do universo, conforme afirma Luz e Alvarenga (2009):

Percebeu que a superfície da Lua é rugosa e irregular e não lisa e perfeitamente esférica como se acreditava; descobriu quatro satélites de Júpiter, contrariando a ideia aristotélica de que os astros deveriam girar em torno da Terra. Alguns filósofos da época recusavam-se a olhar através do telescópio, para não serem obrigados a se curvar diante da realidade; verificou que o planeta Vênus apresenta fases (...). (LUZ; ALVARENGA, 2009, p. 61)

A resolução do telescópio é afetada devido à interferência causada pela atmosfera, que é carregada de pó, vapor d'água e correntes de ar, e, por esse motivo, o engenheiro de mísseis Herman Oberth idealizou a criação de um telescópio espacial, uma vez que fora da atmosfera nada impediria uma clara observação do Universo.

O primeiro telescópio espacial criado foi o Telescópio Espacial *Hubble*, que recebeu esse nome em homenagem a Edwin Hubble, pioneiro da cosmologia. Lançado em 25 de abril de 1990 pelo ônibus espacial *Discovery*, passou a transmitir imagens do Universo até então nunca obtidas após correções ópticas.

Além do *Hubble*, existem outros telescópios espaciais em funcionamento. O *Spitzer* da NASA, lançado em agosto de 2003, opera no infravermelho. Através dele, vimos o que estava atrás das grandes nuvens de poeira e gás, revelando estrelas escondidas em seus berços de nascimento.

Foram lançados também telescópios espaciais que trabalham em outras faixas de frequências, como raios-x e raios- γ , tais observações revelam um Universo violento de aglomerados de galáxias, buracos negros, explosões de supernovas e colisões entre galáxias. Hoje, temos dois telescópios de raios-x no espaço: o *Chandra* da NASA e o *XMM-Newton* do ESA, ambos estudam os lugares mais quentes do Universo.

Outro telescópio espacial também muito importante é o *Cosmic Background Explorer* (COBE), também conhecido como *Explorer 66*. O COBE tem como objetivo investigar a radiação cósmica de fundo na região de micro-ondas. Suas observações ajudaram a elucidar a teoria do *Big-Bang*, propiciando aos pesquisadores George Smoot e John Mather, o Prêmio Nobel de Física em 2006.

Temos ainda o telescópio James Webb, que substituirá parcialmente o *Hubble*. Este telescópio será o maior e mais potente telescópio espacial já construído, tendo como objetivo captar radiação infravermelha resultante da grande explosão (*Big Bang*) e realizar observações sobre os primórdios do Universo. Esse telescópio possui aproximadamente a metade da massa do *Hubble*, mas com o diâmetro do espelho primário 2,5 vezes maior e uma área de espelhos seis vezes maior que a do *Hubble*, permitindo captar a radiação infravermelha. Ele operará bem mais distante da Terra, orbitando no halo que constitui o segundo ponto de Lagrange L2.

Sendo assim, pode-se observar que a Astronomia é dividida em três etapas marcantes: a primeira é a observação a olho nu; a segunda é a observação através do telescópio; e a terceira, é a utilização do telescópio espacial com o objetivo de evitar a interferência da atmosfera terrestre.

3 CIÊNCIA ASTRONÁUTICA

É de notório saber que a Ciência moderna teve início com determinadas conquistas e triunfos astronômicos, que associados à indústria bélica, desenvolveram a Astronáutica, tema que abordaremos a seguir.

3.1 O que é a Ciência Astronáutica?

Winter e Prado (2007, p.14) dissertam que no final do século XIX e início do século XX surgiu a Astronáutica. Trata-se da ciência que estuda os aspectos da locomoção no espaço, o que inclui as tecnologias que envolvem a construção dos foguetes, o cálculo das órbitas dos satélites, as técnicas de pouso em outros corpos celestes e muitas outras atividades relacionadas ao tema.

Segundo o artigo publicado em 2010, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a “Astronáutica, ao contrário da Astronomia, é uma ciência jovem”. Para Mourão (1987, p.15) “a Astronáutica pode ser entendida como Ciência de navegação no exterior da atmosfera terrestre”.

Astronáutica é o ramo da Ciência que estuda a construção de máquinas e instrumentos que são projetados com o objetivo de operar fora da atmosfera terrestre, sejam eles tripulados ou não. Pode-se dizer que é a ciência que engloba o estudo de todas as tecnologias necessárias para que o homem possa realizar viagens espaciais

O blog “Ciência & Vida”, na publicação de 07 de setembro de 2011, de autoria de Elias Alves, mostra que o termo "Astronáutica" foi utilizado pela primeira vez em 1927, por Joseph Genri Rosny que usava o pseudônimo Rosny Ainé. Destaca-se também que “quem usou pela primeira vez o termo cosmonáutica foi o barão austríaco, Guido Von Piguet”, no entanto, também era chamado de espaçonáutica.

Segundo Winter e Prado (2007, p.15), os três principais precursores dos estudos teóricos e práticos sobre os foguetes e a Astronáutica viveram praticamente na mesma época. Porém, ao que tudo indica, eles nunca se encontraram, e nenhum deles sabia sobre o que os outros dois trabalhavam. Mesmo assim, eles chegaram a resultados muito semelhantes. Foram eles: o russo Kostantin Eduardovich Tsiolkvsky (1857-1937), o americano Robert Hunteghings Goddard (1882- 1945) e o romeno de ascendência alemã, Hermann Julius Oberth (1894-1989).

3.2 Histórias da Astronáutica

Conforme Winter e Prado (2007, p. 14), no século XVII, Newton forneceu as condições iniciais para o desenvolvimento teórico da Astronáutica. Mas, no que diz respeito à construção dos foguetes, foi preciso esperar pelo desenvolvimento de motores a reação e de combustíveis potentes, o que só ocorreu efetivamente no início do século XX. Entretanto, anterior a esse período, já existiam artefatos que poderiam ser denominados de foguetes. As referências mais antigas conhecidas sobre estes artefatos remontam à China do terceiro século antes de Cristo e relatam a construção dos primeiros fogos de artifício feitos de pedaços de bambu cheios de salitre, enxofre e carvão. Não tardou muito para que personagens, cujos nomes se perderam no tempo, descobrissem as aplicações militares desses artigos. Assim, ao longo da história, muitos exércitos lograram êxitos e fracassos usando foguetes como armas de guerra, embora o uso deles tenha sido discreto e inexpressivo até a segunda Guerra Mundial.

O artigo publicado em 07 de agosto de 2020, por Matheus Alves, descreve que a história da Astronáutica pode ser dividida em três momentos-chave tais como: o momento das descobertas realizadas até a II Guerra Mundial; o da corrida espacial entre Estados Unidos da América (EUA) e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS); e o dos projetos pós-Guerra Fria. As informações retiradas na Enciclopédia Global (2020) apontam que por volta de 1920 a 1950, dois físicos foram essenciais para a criação dos primeiros foguetes espaciais, o russo Kostantin Eduardovich Tsiolkvsky (1857-1935) e norte-americano Robert Hunteghings Goddard (1882-1945). No entanto, Goddard construiu um foguete de combustível líquido, o qual atingiu 12 metros de altura, ao ser lançado no dia 16 de março de 1926. Após cinco anos Reinhold Tiling, engenheiro alemão, patenteou o foguete reutilizável. No dia 13 de março de 1931, seu foguete foi lançado e atingiu quase 300 metros de altura.

Em 1925, após ler o livro de Oberth “*Os Foguetes no Espaço Interplanetário*”, Von Braun ficou tão impressionado que foi trabalhar com Oberth em 1932. Em 1934, após se doutorar em Física com a tese sobre foguetes de combustível líquido, Von Braun passou a integrar uma grande equipe de cientistas e técnicos para o desenvolvimento de foguetes para o exército alemão. Dentre os variados projetos desenvolvidos pela equipe de Von Braun, o principal foi o primeiro foguete balístico conhecido como V2 (*Vergeltungswaffe.2*), que significa “arma de represália”, em alemão), lançado em 1942, e que tornou-se uma poderosa

arma do exército nazista durante o fim da Segunda Guerra Mundial (WINTER; PRADO, 2007, p.17).

Suenaga (1999) acredita que:

Os alemães produziram uma máquina voadora em forma de disco, de perfil baixo, alcunhado de *Feuerball* (Bola de Fogo), usada como dispositivo antirradar e arma psicológica contra os Aliados. Uma versão melhorada, o *Kugelblitz*, projetado por *Rudolph Sriever* e montado numa fábrica da BMW perto de Praga, em 1944, tornou-se o primeiro avião capaz de pousar e decolar verticalmente. Seu primeiro voo ocorreu em fevereiro de 1945 sobre o complexo subterrâneo de pesquisas de *Kahla*, na Turíngia, Alemanha, uma área montanhosa onde, de acordo com informações confidenciais, Hitler pretendia construir seu último bastião, guardado pelas últimas armas secretas que *Herman Wilhelm Göring*, comandante da *Luftwaffe*, vinha lhe prometendo. Uma notícia filtrada no Ocidente em 17 de abril de 1944, dizia que os técnicos nazistas tinham construído o V-7, um objeto em forma de disco, nos laboratórios do 10o Exército em *Essen, Dortmund, Stettino e Peenemunde*, locais em que se efetuaram as primeiras experiências com as V-1 e V-2. (SUENAGA, 1999, p. 11)

De acordo com Winter e Prado (2007, p. 18), Von Braun foi preso pela Gestapo, em 1944, por ter declarado que o V2 poderia ser usado para viagens no espaço. Foi solto já que, para o programa obter sucesso, era indispensável a presença dele. Contudo, Hitler ordenou sua vigilância. Em maio de 1945, Von Braun e sua equipe renderam-se ao exército americano, pois o alto comando do exército alemão havia decretado a execução de toda a equipe para que os segredos do Programa V2 viessem a ser do conhecimento dos aliados. Em setembro daquele ano, ele e sua equipe chegaram aos Estados Unidos e começaram a trabalhar no desenvolvimento de foguetes para o exército. Esses cientistas foram de extrema importância para o desenvolvimento do programa de foguetes e mísseis balísticos norte-americanos. Assim, pouco tempo depois, em 1950, os EUA lançaram os primeiros foguetes *Bumper*, derivados das V2 alemães. Em 1º de fevereiro de 1956, foi criada a Agência de Mísseis Balísticos do Exército dos Estados Unidos (*Army Ballistic Missile Agency* ou Abama), tendo por missão desenvolver mísseis nucleares balísticos para o exército americano. Aglutinados nessa agência estavam líderes que criaram a V2, como Wernher e Oberth entre outros. Wernher e sua equipe trabalharam inúmeros projetos para as forças armadas norte-americanas e para a NASA, inclusive nos foguetes Saturno, do Projeto *Apollo*, que acabou levando o homem à Lua.

Os famosos V-1 e V-2 foram os primeiros mísseis voadores da história, lançados durante a II Grande Guerra. Foi deste modo que surgiram os lançadores de satélites e de naves espaciais. Entretanto, iniciou-se uma corrida espacial entre as atuais potências EUA e URSS, disputa esta resultante de grandes avanços científicos e tecnológicos. No ano 1957, os

soviéticos lançam o *Sputnik 1*, primeiro satélite artificial a entrar em órbita da Terra. Um mês depois, o foguete *Sputnik 2* com o primeiro ser vivo a bordo de um foguete - a cadela Laika.

Em 1958, os EUA reagem por meio da criação da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), responsável pelo programa espacial norte-americano, em que no mesmo ano lança seu primeiro satélite artificial, o *Explorer 1*. Com o passar do tempo, as duas potências investem em projetos pioneiros de exploração da Lua (pela nave russa *Luna*) e de reconhecimento dos planetas Vênus (pela nave russa *Venera* e pela norte-americana *Mariner*), Marte e Mercúrio (pela nave norte-americana *Mariner*).

Após conseguir chegar à Lua, a prioridade da exploração do espaço passa a ser a pesquisa científica e tecnológica, viabilizada com a construção de estações espaciais, como a *Salyut* em 1971 e a *Mir* em 1986, pela extinta União Soviética. A estação norte-americana *Skylab*, foi lançada em 1973 e desativada em 1979, com a construção de ônibus espaciais, através do programa norte-americano *Space Shuttle*. Nesta etapa foram utilizados os ônibus *Columbia*, em 1981; o *Challenger*, em 1983 (que explodiu no ar, matando seus tripulantes em 1986) e o *Discovery*, em 1984.

As primeiras décadas após a Guerra Fria geraram poucos frutos para a Astronáutica, pois as potências mundiais sofreram com a recessão econômica e na redefinição dos objetivos estratégicos, colocando a corrida espacial em segundo plano. Todavia, houve alguns projetos de grande importância, com destaque para a nave *Galileo*, que foi lançada em 1989 com o objetivo de explorar o planeta Júpiter; o telescópio espacial *Hubble*, lançado pelos EUA, em 1990, para observar e fotografar objetos astronômicos jamais vistos – como estrelas em formação e novas galáxias; a Estação Espacial Internacional *Alpha*, fruto da colaboração de vários países, inclusive Estados Unidos e Rússia; e a exploração de Marte, com as sondas *MarsPathfinder*, em 1997, as sondas *Spirit e Opportunity*, em 2003, e, finalmente, a *Curiosity*, que pousou com sucesso em Marte no dia 5 de agosto de 2012.

4 HISTÓRICO DOS FOGUETES

Romper os limites da Terra e viajar pelo espaço é um dos anseios mais antigos da humanidade, tendo a História registrado em diversos relatos acerca desta busca. Neste capítulo, procurou-se apresentar o contexto histórico dos foguetes, mencionando o primeiro satélite artificial terrestre e a superação das barreiras técnicas e científicas que proporcionaram à humanidade se enveredar pela era espacial, ressaltando a chegada do homem à Lua.

4.1 A corrida espacial e a chegada do homem à Lua

Winter e Prado (2007, p.12) dizem que Júlio Verne (1828 – 1905) aproximou a ficção científica dos voos espaciais que tornaram mais reais hoje. De forma extraordinária, em seu romance *De La Terre à la Lune* (1865), descreveu uma viagem à Lua como um artefato de módulos desacopláveis construído por uma empresa norte-americana que partiu para a Flórida com três astronautas posteriormente resgatados em uma pequena cápsula no oceano. Pode-se afirmar que Júlio Verne foi visionário: cento e três anos depois, 1968, três astronautas partiram na *Apollo 8*, da Florida, em foguete modular, para o primeiro voo tripulado ao redor da Lua. Na volta, foram resgatados de uma cápsula que pousou no oceano. Verne descreveu a viagem com tantos detalhes técnicos que conseguiu influenciar gerações de pesquisadores que dedicaram suas vidas ao progresso da Astronáutica. Winter e Prado (2007, p.13) acentuam que o conceito de Satélite artificial parece ter surgido na obra de Júlio Verne, *Les Cinq cent millions de la Bégum* (1976).

Assim, percebe-se que viajar pelo espaço é um sonho muito antigo, contudo foi concretizado mais precisamente em 4 de outubro de 1957, com o lançamento do primeiro satélite o *Sputnik I*.

De acordo com site *Britannica Escola*, disponibilizado pelo Ministério da Educação (MEC) em seu material sobre foguetes (2020), o primeiro relato sobre foguetes vem da China, em meados do século XIII. Segundo tais registros, os chineses enchiam invólucros de bambu com pólvora para fazê-los. Para Bruno Feijó e Luís Souza, em um artigo publicado no ano de 2007, tal invenção só foi possível através do descobrimento da pólvora, feito realizado por um alquimista chinês há, aproximadamente, dois mil anos, quando teve a ideia de misturar salitre, carvão e enxofre, que resultou em um pó preto que poderia gerar fumaça e

chamas. Feijó e Souza (2007) destacam que a pólvora foi utilizada inicialmente como entretenimento na criação de fogos de artifício, com relatos no século XII, tendo cores incorporadas apenas no século XIV, em Florença, para celebrar a festa de São Giovani. No entanto, segundo dados retirados da Wikipédia (2020), que a utilização de foguetes como recurso bélico foi usado apenas no século XIII, denominados na época como "flechas de fogo voador". Empregados na defesa da capital da província chinesa de Henan, para evitar a invasão dos mongóis na fronteira ocidental do Império. A enciclopédia Wikipédia (2020) destaca também que os foguetes foram utilizados na Europa pelos árabes logo após a Guerra dos Cem Anos, que eram utilizados como arma incendiária durante os séculos XV e XVI.

As informações disponíveis no site *Britannica Escola* (2020) relatam que foguetes foram aprimorados a partir do século XVIII, passando a ser feitos de metal e empregados como armas em guerras dos séculos XIX e XX, principalmente na Segunda Guerra Mundial (1939-1945). A enciclopedia afirma que Tsiolkovski foi o precursor dessas ideias que foram utilizadas pelo engenheiro estadunidense Robert Hutchings Goddard para construir o primeiro foguete movido a combustível líquido. De acordo com o *site Spaces Planets*, em um artigo publicado em 2012, foi nesta época que apareceram os primeiros cientistas a observar os foguetes como "sistema propulsor de veículos aeroespaciais tripulados".

Com o início da Guerra Fria, em 1947, começa a corrida espacial entre as duas grandes potências mundiais (EUA e URSS), destacando-se os Estados Unidos como uma potência capitalista logo após o término da Segunda Guerra Mundial, e a ascensão da União Soviética como potência comunista, acarretando uma polarização mundial.

A disputa entre esses países deu-se em várias instâncias, tais quais: **econômica** (grifo nosso), disputando a hegemonia mundial; **diplomática** (grifo nosso), na busca da garantia de seus interesses; **militar e tecnológica** (grifo nosso), o que acabou tornando-se o desdobramento principal da Guerra Fria. Nessa batalha, ambos os países investiram significativamente em educação, fato este que propiciara um rápido avanço científico, tendo a corrida espacial como resultado da disputa no âmbito tecnológico, momento em que foram desenvolvidos complexos sistemas e veículos de lançamentos ao espaço sideral, de modo a mostrar para o mundo qual era o sistema mais avançado.

Ressalta-se que os norte-americanos não foram os únicos a herdar os segredos do programa V2 dos alemães. Os soviéticos também conseguiram inúmeros documentos científicos durante o final da Segunda Guerra Mundial, o que lhes permitiu alavancar seus programas de mísseis e foguetes espaciais. Contudo, outros cientistas também contribuíram

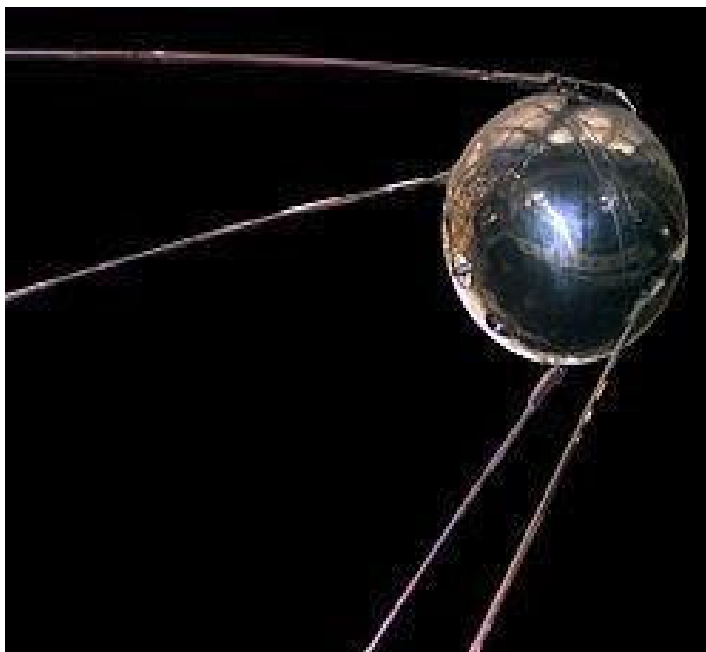
para alavancar os programas de mísseis e foguetes espaciais, entre eles, Sergei Pavlovitch Korolev (1907- 1966), que lançou o primeiro foguete soviético movido a combustível líquido para o exército vermelho (WINTER; PRADO 2007, p.19).

Winter e Prado (2007, p.19) ainda asseguram que, a partir de 1946, Korolev trabalhou simultaneamente no desenvolvimento de mísseis nucleares balísticos e foguetes capazes de levar cargas (satélites) ao espaço. Destes trabalhos, é criado o *Semiorka* (R-7), um foguete de dois estágios, não superposto, mas em feixe, capaz de colocar até 1300 kg em órbitas baixas. Nos primeiros testes, apresentou excelentes resultados e, em 1956, a Academia de Ciências da URSS, decidiu usá-lo para o lançamento de um satélite artificial, o *Sputnik 1*.*

Neste contexto, pode-se aludir que Korolev teve uma contribuição significativa para a Astronáutica. Seu nome aparece associado a diversos feitos do início da era espacial, como o desenvolvimento dos satélites do programa *Sputnik* (dez ao todo), as primeiras fotografias da face oculta da Lua (*Lunik III*, 1959), o primeiro voo de um homem ao espaço (Yuri Gargarin, 1961), a primeira saída do homem de em veículo no espaço (Aleksei Leonov, 1956), a primeira mulher no espaço (Valentina Terechkov, 1965), o primeiro impacto de uma sonda em outro planeta (*Vênus*, 1966), o primeiro pouso lunar de uma sonda (*Lunix IX*, 1966). Ainda citam-se os lançamentos de outras naves com destino a Vênus, Marte e Lua, assim como o desenvolvimento de outros projetos espaciais soviéticos (*Molniya-1*, *Cosmos* e *Zond*) (WINTER; PRADO, 2007, p.23)

Borges (2013) destaca que os soviéticos foram os responsáveis pela largada no espaço com o *Sputnik I*, o primeiro satélite artificial da Terra, lançado em órbita em 04 de outubro de 1957, na Base de Testes de Foguetes, conhecida como Cosmódromo de Baikonur, que fica localizada no Cazaquistão e foi lançado pelo Programa *Sputnik I*. Na Figura 1 mostra o satélite *Sputnik I*.

Figura 1 - Satélite Sputnik I



Fonte: Wikipédia¹

Borges (2013) afirma ainda que o Satélite *Sputnik* era uma esfera de aproximadamente 58,5 cm e pesava 83,6 kg, possuía a função básica de transmitir um sinal de rádio, “*bip*”, que podia ser sintonizado por qualquer rádio amador nas frequências entre 20,005 e 40,002 MHz, emitidos continuamente durante 22 dias até 26 de outubro de 1957, quando as baterias do transmissor esgotaram sua energia. O tempo de órbita na Terra foi em torno de seis meses antes de cair.

Segundo Winter e Prado (2007, p.25), foram definidas seis diretrizes básicas para a construção: o satélite teria que ser de máxima simplicidade e confiança, consciente de que os métodos usados para essa sonda seriam utilizados em projetos futuros; o corpo do satélite deveria ser esférico para que pudesse determinar a densidade atmosférica em seu caminho. O satélite possuiria equipamento de rádio operante em pelo menos dois comprimentos de onda com potência suficiente para ser captado por amadores e para obter dados sobre a propagação de ondas de rádio através da atmosfera. As antenas deveriam ser projetadas de modo a não afetar a intensidade dos sinais de rádio devido à rotação do satélite; as fontes de potência deveriam ser baterias “*on board*” garantindo trabalho para duas ou três semanas e o vínculo do satélite ao estágio central tal que não ocorreria falha na separação.

¹ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sputnik-1>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

De acordo com Amarante (2009, p.16), o programa *Sputnik I* teve êxito em seus objetivos, que eram, *a priori*, avaliar a interferência da ionosfera nas comunicações, realizadas via ondas de rádio; e a segunda baseava-se em avaliar o impacto de micrometeoritos em naves espaciais. Previu-se que não havia perigo para missões de exploração do espaço, então, em pouco menos de um mês, Korolev (responsável pela missão *Sputnik I*) projetou um novo satélite, a *Sputnik II*, levando a bordo, em novembro de 57, a cachorrinha Laika, sendo o primeiro animal a orbitar a Terra.

Nas Figuras 2 e 3 pode-se conhecer o modelo do satélite *Sputnik II* e a cachorrinha Laika.

Figura 2 - Réplica do Satélite Sputnik II



Fonte: Wikipédia²

Figura 3 - Laika em uma cápsula de treinamento antes de sua missão no espaço



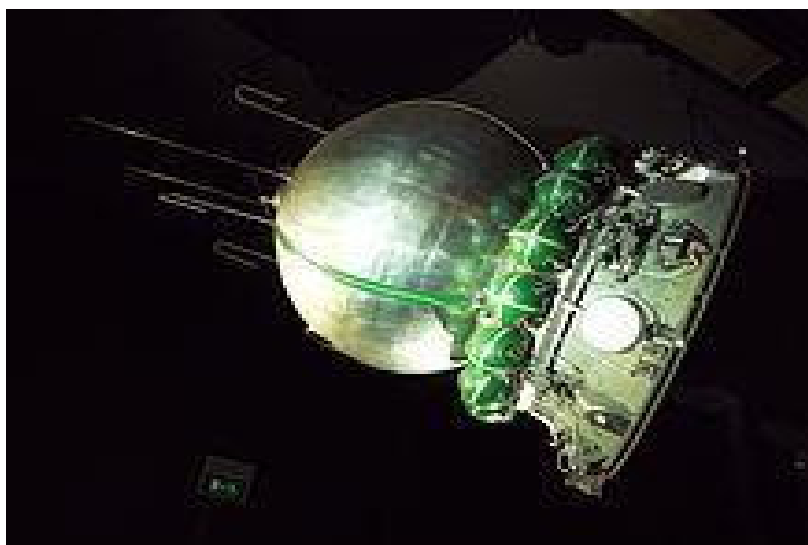
Fonte: Site BBC News³

² Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sputnik_2>. Acesso em: 20 ago. 2020.

³ Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-41860261>>. Acesso em: 24 ago. 2020

Amarante (2009, p. 16) afirma que um grande desafio era colocar um homem em órbita e trazê-lo com segurança de volta à superfície terrestre. Korolev foi o grande responsável por transformar o satélite espião *Zenit* em uma nave espacial, substituindo a carga útil de geração de imagens por um assento ejetável. Aponta também que em 12 de abril de 1961, após a realização de vários testes com animais, o satélite artificial pilotado Vostok I foi lançado ao espaço por uma versão aperfeiçoada do míssil R7, estando a bordo o astronauta Yuri Gagarin, que foi considerado o primeiro homem a realizar um voo orbital sobre a atmosfera terrestre, com duração de 48min. Contudo, destacam-se duas frases de Gagarin que ficaram famosas: “A Terra é azul” e “Olhei para todos os lados, mas não vi Deus”. A Figura 4 mostra o satélite *Vostok I*.

Figura 4 - Satélite *Vostok I*



Fonte: Wikipédia⁴

O lançamento do Sputnik I foi o grande desencadeador de uma corrida espacial pela conquista do espaço entre a URSS e os EUA, culminando com a chegada da missão tripulada *Apollo 11* na Lua. O Projeto *Apollo* teve um investimento de US\$ 20 bilhões.

Winter e Prado (2007, p.43) afirmam que, em janeiro de 1961, a força aérea soviética selecionou 20 pilotos para o primeiro voo espacial com um ser humano. Em 11 de abril de 1961, dois deles estavam prontos para decolar a bordo da *Vostok 1*. Yuri Alekseyevich Gagarin e German Stepanovich Titov.

⁴ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Vostok>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

Figura 5 - Astronauta russo, Yuri Gagarin



Fonte: Site Olhar Astronômico⁵

Segundo Andressa Neves (2018):

Antes que ocorresse a chegada do homem à Lua, foram criadas diversas missões espaciais, entre elas o Programa *Mercury*, desenvolvido entre os anos de 1961 e 1963, pelos americanos. O Projeto *Mercury* tinha como um de seus objetivos estabelecer a superioridade dos Estados Unidos no espaço sobre as conquistas soviéticas, sendo o primeiro projeto de exploração espacial criado pela NASA, a médio e em longo prazo, objetivando preparar a tecnologia que levaria o homem à Lua. A nave utilizada no projeto *Mercury* tinha capacidade apenas para um astronauta e de fazer manobras na órbita terrestre, foi um projeto bem-sucedido, pois testou as condições dos equipamentos e dos astronautas, onde durou de 1958 a 1963, e foi fundamental na preparação das tecnologias que seriam utilizadas nos projetos *Gemini* e *Apollo*.

No artigo publicado em 27 de julho de 2018, no *site Canal Tech* por Andressa Neves, ela descreve que o projeto *Gemini* foi anunciado em meados de 1961, como um programa espacial de voos, no qual seria desenvolvida uma nave espacial para dois tripulantes, mas foi iniciado oficialmente apenas em janeiro de 1962, sendo o segundo projeto de exploração espacial realizado pela NASA e nele foram realizadas inúmeras pesquisas sobre o comportamento das máquinas e dos tripulantes no espaço, as manobras de acoplamento e atividades extra veiculares, habilidades essenciais para o voo até a Lua, em que a cápsula tinha 5,8 m de comprimento e 3 m de diâmetro, pesando 3810 kg. Foi utilizado pelo projeto como lançador o foguete *Titan 2*. No entanto, destaca-se que o *Gemini I* e o *Gemini II* não foram missões tripuladas. Contudo, ressalta-se que a *Gemini III* foi a primeira a ser tripulada, tendo a bordo os astronautas Virgil Grissom e John Young. Teve duração de aproximadamente cinco horas e o total de três órbitas.

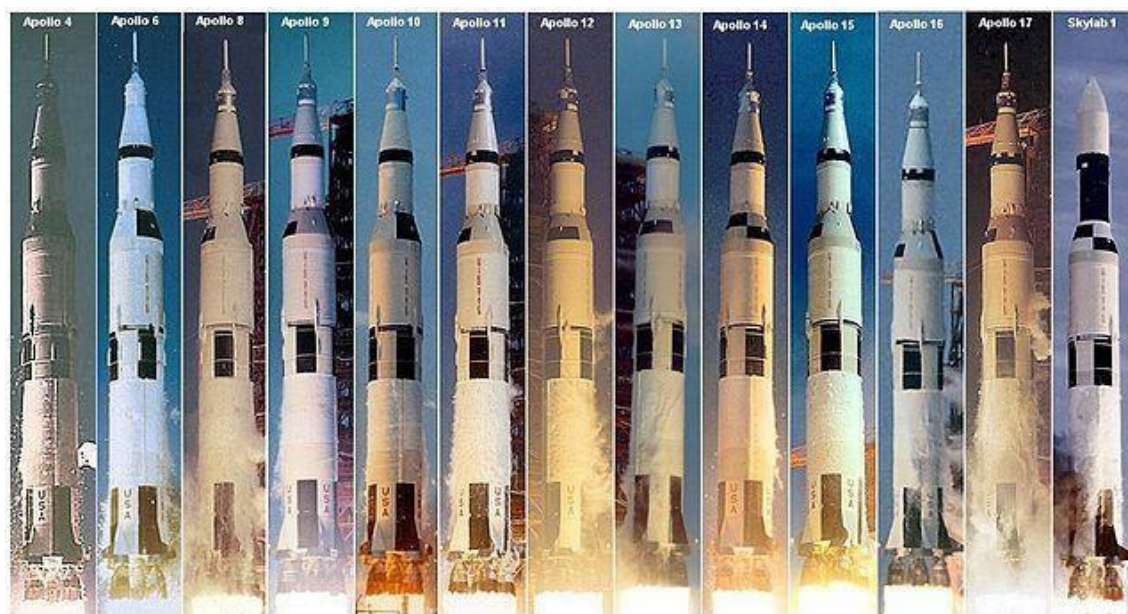
⁵ Disponível em: <<http://olharastronomico.blogspot.com/2013/06/foi-revelada-verdadeira-cao-da-morte.html>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Antes mesmo que o projeto Gemini terminasse, iniciou-se a construção do foguete *Saturno V*, que foi pensado com o intuito de alcançar a velocidade de 40.000 km/h e ser utilizado no Programa *Apollo*, que sucedeu o Programa *Gemini*. Concluído com sucesso o programa Gemini, foi dado início ao programa espacial *Apollo*, que infelizmente iniciou-se de maneira trágica, conforme afirma Filho *et al.* (2007, p. 37) “em janeiro de 1967, um curto-circuito no interior da *Apollo 1* causou a morte de Virgil Grisson (1926-1967), Edward White (1930-1967) e Roger Chaffee (1935- 1967) durante testes em solo”.

Antes de serem conhecidas como Projeto *Apollo*, as missões eram conhecidas pelas nomenclaturas *AS* e a *Apollo 1* era denominada de *AS-204*. Antes dela já haviam sido realizadas as missões *AS-201*, *AS-203* e *AS-202*, todas não tripuladas, realizando testes com o foguete *Saturn IB*. Após o trágico acidente com a *AS-204*, a NASA decidiu mudar sua nomenclatura para *Apollo 1* e a próxima missão foi denominada de *Apollo 4*. O programa *Apollo* usou quatro foguetes lançadores distintos e em diferentes missões: *Little Joe II*, para voos suborbitais não tripulados; *Saturn I*, para voos suborbitais e orbitais não tripulados; *Saturn IB*, para voos orbitais não tripulados e tripulados em órbita da Terra; e o *Saturn V*, para voos não tripulados e tripulados em órbita terrestre e em missões para a Lua. As missões tripuladas da *Apollo* foram todas realizadas utilizando o foguete *Saturn V*, com exceção da *Apollo 7* e *Apollo 18*.

O engenheiro alemão Wernher Von Braun foi responsável pelo desenvolvimento e aprimoramento do foguete *Saturno V*, considerado até hoje como sendo o maior foguete e o mais potente já construído, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Todos os Lançamentos do Foguete *Saturno V*



Fonte: Wikipédia⁶

O foguete *Saturno V* possuía 110 metros de comprimento e 10 metros de diâmetro e pesava 3 mil toneladas. Era tão pesado que, mesmo antes de sair do solo, consumia dezenas de toneladas de combustível (querosene e oxigênio). Possuía três estágios: o primeiro estágio possuía cinco motores que queimavam querosene e oxigênio líquidos; o segundo e terceiro estágios usavam hidrogênio e oxigênio líquidos. Uma maravilha tecnológica, mesmo para os padrões atuais. (FILHO; BOAS; DAMILANO, 2007, p. 39).

De acordo com Filho *et al.* (2007, p. 39), o projeto *Apollo* foi desenvolvido entre 1961 e 1972 pela NASA. A agência espacial dos Estados Unidos teve como resultado o pouso da *Apollo 11* no solo lunar em 20 de julho de 1969. O pouso na Lua ocorreu em um local chamado “*Sea of Tranquility*” (Mar da Tranquilidade), tendo como referência os astronautas, Neil Armstrong, Buzz Aldrin e Michael Collins. Na Figura 7, pode-se observar o astronauta, Neil Armstrong em solo lunar.

⁶ Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Saturno_V>. Acesso em: 01 set. 2020.

Figura 7 - Armstrong trabalhando no Módulo Lunar



Fonte: Wikipédia⁷

A Rússia também teve um programa de exploração lunar não tripulado, chamado de Programa Luna, executado entre 1959 e 1976. Constituiu-se em uma série de missões espaciais não tripuladas enviadas à Lua. Foram realizadas muitas experiências estudando a composição química, a gravidade, a temperatura e a radiação da Lua. Uma das mais importantes realizações do programa Luna foi a habilidade de coletar amostras do solo lunar e de retorná-las à Terra (DUARTE, 2019).

Tais acontecimentos despertaram o interesse de outros países a desenvolverem pesquisas na área espacial, implementando programas de construção de foguetes e bases de lançamento, inclusive o Brasil.

4.2 O programa espacial brasileiro

O presidente do Brasil Jânio Quadros, em 1960, foi responsável por elaborar um Programa Nacional para a Exploração Espacial. Nesse contexto, no ano posterior, mais precisamente em agosto de 1961, foi fundado o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), com sede em São José dos Campos, São Paulo. Em abril de 1971, o GOCNAE, foi substituído pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais o INPE. (INPE, 2017).

⁷ Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Neil_Armstrong>. Acesso em: 03 set. 2020.

Winter e Prado (2007, p.55) acentuam que o primeiro satélite operado pelo Brasil foi o Brasilsat A1, lançado em 8 de fevereiro de 1985, a bordo do foguete francês Ariane, a partir da base de Kourou, na Guiana Francesa, e posto em órbita geoestacionária a aproximadamente 36 mil quilômetros de altitude. Este satélite deu ao Brasil a independência no setor de telecomunicação almejada desde o início dos anos 80, quando a necessidade de um satélite doméstico de comunicação se tornou pungente dado o tamanho do território brasileiro e o forte e rápido desenvolvimento econômico do país.

Ainda conforme os autores supracitados, o Brasil aprendeu a fazer satélites e lançou em 1993 e 1998 seus Satélites de Coleta de Dados, os SCD 1 e 2 que foram construídos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos.

4.2.1 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais foi criado com subordinação direta ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), instituído pelo decreto nº 68.532, que define o Instituto como o principal órgão de execução civil para o desenvolvimento de pesquisas espaciais orientados pela Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), este por sua vez, órgão de assessoramento da Presidência da República (CARDOZO, 2010).

A Missão do INPE é promover e executar estudos, pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, nos campos da Ciência Espacial e da Atmosfera, das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e da Engenharia e Tecnologia Espacial, bem como em domínios correlatos, conforme as Políticas e Diretrizes definidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. As atividades atualmente desenvolvidas pelo INPE buscam demonstrar que a utilização da ciência e da tecnologia espacial, pode influir na qualidade de vida da população brasileira e no desenvolvimento do País (WIKIPÉDIA, 2020).

Reportando mais precisamente ao final da década de 1970, o INPE passou a ingressar em uma nova fase da história, a partir da aprovação pelo governo federal da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), acrescentando a sua vocação inicial, voltada a pesquisa e aplicações, como consequente desenvolvimento da tecnologia espacial.

O Brasil, com o seu vasto território, de dimensões continentais, derivando de duas décadas de experiência com satélites estrangeiros, demonstrava que não podia prescindir do desenvolvimento de tecnologia espacial própria voltada a sua realidade que levasse à integração e ao conhecimento do seu território. Mediante esse contexto, cria-se em 15 de

março de 1985, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), onde passa o INPE a integrá-lo na qualidade de órgão autônomo da administração direta (INPE, 2017).

4.2.2 Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)

A ideia da criação do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) é creditada ao piloto aéreo Casimiro Montenegro Filho, que, em uma viagem para os Estados Unidos em 1930, conheceu o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Percebendo o desenvolvimento tecnológico do Departamento de Tecnologia Aeronáutica, idealizou a criação de um instituto que desenvolvesse tecnologia aeroespacial. Em 16 de janeiro de 1950, o ITA é criado pelo Decreto 27.695, provando que as aspirações de Casimiro estavam corretas e que seu sonho era possível. Surgiu então uma escola de alto nível no ensino da engenharia, com instalações adequadas e professores qualificados, inicialmente vindos do exterior. Segundo o art. 2º da Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica tem por objetivo:

- a) Ministrando o ensino e a educação necessários à formação de profissionais de nível superior, nas especializações de interesse para a aviação geral, e à Força Aérea Brasileira em particular.
- b) Manter cursos de extensão universitária, de pós-graduação e do doutorado.
- c) Promover, através da educação e da pesquisa, o progresso das ciências e das técnicas relacionadas com a aeronáutica. (BRASIL, 1954)

O Instituto Tecnológico da Aeronáutica é uma instituição pública ligada ao Comando da Aeronáutica (COMAER) e ao Ministério da Defesa (MD). Está localizada no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), em São José dos Campos – SP, que é um complexo militar de pesquisa e desenvolvimento na área aeroespacial.

4.2.3 Agência Espacial Brasileira (AEB)

De acordo com o artigo publicado no blog AERORJ, em 10 de fevereiro de 2019, a Agência Espacial Brasileira (AEB) foi criada pela Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994, sendo uma Autarquia Federal, vinculada à Presidência da República, com a finalidade de promover o desenvolvimento das atividades espaciais de interesse nacional. Nessa perspectiva, é a empresa responsável por formular, coordenar e executar a Política Espacial Brasileira. Para Dellagnezze (2011), em seu artigo denominado “Base de Lançamento de

Foguetes e a Soberania”, a criação de um órgão de coordenação central do Programa Espacial subordinado diretamente à Presidência da República representa uma mudança na orientação governamental.

De acordo com informações do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em 2017, na década de 1980 o governo brasileiro trabalhou a implantação e desenvolvimento de programas prioritários como a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), o Programa Amazônia (AMZ) e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Deve-se salientar a ênfase dada à cooperação técnico científica entre os institutos nacionais de pesquisas e seus similares estrangeiros.

4.2.4 Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)

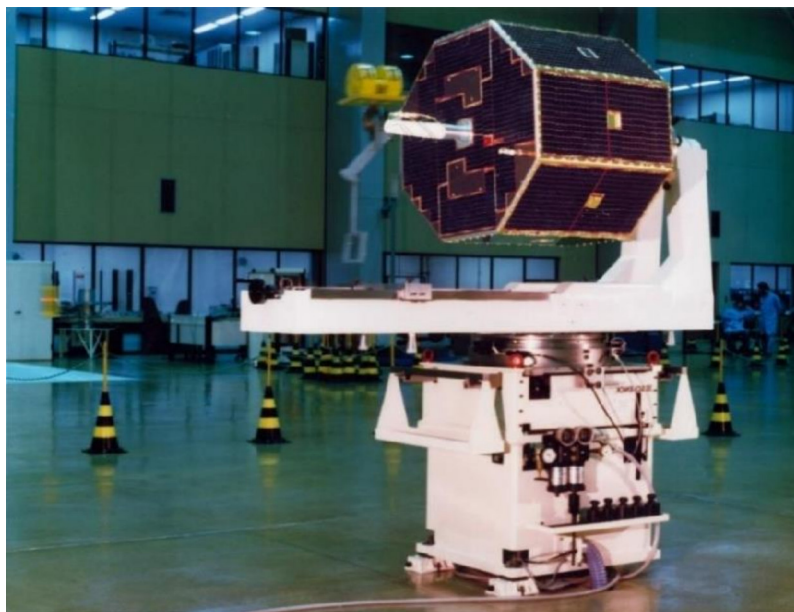
Segundo Nogueira e Canalle (2009, p. 294), em 1980 a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) foi aprovada e tinha como objetivo proporcionar o domínio tecnológico de uma missão espacial. Essa missão seria composta por três etapas: o desenvolvimento de satélites; o desenvolvimento de um veículo lançador de satélite e a construção de uma base de lançamento.

A construção do satélite brasileiro foi um dos objetivos do programa, tendo o INPE à responsabilidade de planejar, desenvolver e fabricar o satélite a ser colocado em órbita da Terra. Na década de 90, é colocado em órbita o primeiro satélite totalmente brasileiro, o Satélite de Coleta de Dados (SCD-1), produzido pelo INPE e lançado por um foguete norte americano *Pegasus*, pois o Brasil ainda estaria desenvolvendo o seu veículo lançador de satélites.

Segundo informações do INPE (2017), o SCD-1 foi projetado para coleta de dados ambientais, com ênfase na previsão do tempo. Apesar de ter sido construído para ter uma vida útil de 1 ano, o SCD-1 completou 28 anos em órbita funcionando parcialmente.

Em 1998, é posto em órbita o segundo satélite, o SCD-2, operando com um desempenho superior ao primeiro devido às inovações tecnológicas incorporadas. Na Figura 08 podemos observar o SCD-1 antes do seu lançamento.

Figura 8 - SCD-1 ainda antes do lançamento



Fonte: Site do INPE⁸

Com a construção do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-1) em 1999 (INPE, 2017), o Brasil atinge outro marco histórico, fruto da cooperação entre o Governo Brasileiro e o Chinês. O CBERS-1 foi lançado pelo foguete chinês Longa Marcha – 4, da Base de Lançamento de Taiyuan, na China, em 14 de outubro de 1999.

Outro resultado importante decorrente da MECB foi o desenvolvimento dos foguetes da família SONDA pelo Centro Técnico da Aeronáutica (CTA), fazendo com que o Brasil alçasse voos maiores na jornada espacial. O VLS foi desenvolvido a partir dos conhecimentos adquiridos com o programa SONDA, que foram os primeiros foguetes fabricados no Brasil e lançados a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) e foi um programa que resultou na construção de quatro foguetes: SONDA I, SONDA II, SONDA III e SONDA IV, utilizando combustível sólido. O SONDA II foi o primeiro foguete a utilizar combustível sólido do tipo *composite* (constituídos por um polímero aglutinante, por um oxidante cristalino e por um combustível sólido) fabricado no Brasil (NOGUEIRA; CANALLE, 2009, p. 291)

De acordo com o site *Brazilian Space*, o projeto VLS-1 tinha por objetivo construir um foguete com capacidade para lançar satélites de 100 a 350 kg em órbitas circulares com velocidade de 200 a 1000 km por hora, fazendo com que o Brasil pudesse não somente fabricar os seus satélites, mas tivesse também a independência e capacidade de lançá-los. O foguete foi projetado para propulsão sólida, conhecimento adquirido com a

⁸ Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3198>. Acesso em: 06 set. 2020.

experiência anterior com o projeto SONDA. Sendo assim, a utilização de propelente do tipo *composite* fabricada no próprio país demonstra também uma possível motivação para utilização desses foguetes para fins militares.

Foram feitas três tentativas de lançamento com os VLS a partir da base de lançamento de Alcântara. A primeira tentativa feita em 1997 com o VLS-1 V1, que falhou durante os primeiros segundos de voo e houve a necessidade de se acionar o comando de autodestruição. O VLS-1 V2 foi lançado em 1999 e falhou na ignição do segundo estágio e também foi acionada sua autodestruição; e o VLS-1 V3 que três dias antes do seu lançamento, em agosto de 2003, na operação denominada São Luís, sofreu uma ignição prematura e explodiu, levando ao óbito de 21 profissionais que estavam na plataforma de lançamento. Esse acontecimento é considerado a maior tragédia da história espacial brasileira.

Com a tragédia de Alcântara, o governo brasileiro resolveu criar uma empresa binacional Brasil/Ucrânia para desenvolver um VLS e colocar em órbita os satélites brasileiros, a *Alcântara Cyclone Space* (ACS).

4.2.5 *Alcântara Cyclone Space* (ACS)

O Ministério da Ciência e Tecnologia criou a Alcântara Cyclone Space (ACS), empresa pública binacional, em 21 de agosto de 2006 através da Portaria nº599. Essa iniciativa foi formalmente institucionalizada em 18 de novembro de 1999, com a assinatura do Acordo-Quadro sobre a Cooperação de Usos Pacíficos do Espaço Exterior (ÂMBITO JURÍDICO, 2011).

Entretanto, sua estruturação definitiva ocorreu em 21 de outubro de 2003, com a assinatura do Tratado de Cooperação de Longo Prazo na Utilização do Veículo de Lançamento *Cyclone-4*, no Centro de Lançamento de Alcântara. Naquele período, Roberto Amaral, o então ministro brasileiro de Ciência e Tecnologia, Kostiantyn Gryshchenko, ministro das Relações Exteriores da Ucrânia, diante dos presidentes Luiz Inácio Lula da Silva (Brasil) e Leonid Kuchma (Ucrânia), assinaram o Tratado com investimento inicial de 4,5 milhões de dólares (ÂMBITO JURÍDICO, 2011).

Dellagnezze (2011) explana que a criação da ACS tinha como alvo a comercialização do serviço de lançamento de satélites a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, utilizando o foguete *Cyclone-4* que fora desenvolvido na Ucrânia. A ideia era colocar satélites em órbita a partir do território brasileiro, garantindo a soberania nacional em

comunicação via satélite, sensoriamento remoto e meteorologia, além de servir de base de lançamento para satélites de outros países.

Apesar de representar uma grande conquista, o acordo fechado entre Ucrânia e Brasil teve inúmeros problemas ao tentar consolidar suas ações. A Rússia era contrária ao desenvolvimento espacial da Ucrânia e os EUA ao do Brasil, gerando uma guerra diplomática e política entre os países. A empresa sofreu duros golpes, entre eles inúmeros obstáculos burocráticos. Assim, esse projeto foi finalizado e nenhum lançamento foi feito, apesar do Brasil ter investido quase meio bilhão de reais.

4.2.6 Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) foi a segunda Base de Lançamentos de Foguetes da Força Aérea Brasileira, criada pelo decreto nº 88.136 de 1º de março de 1983. Com o objetivo de realizar missões de lançamentos de satélites e sediar os testes do Veículo Lançador de Satélites (VLS), tendo sido o primeiro lançamento de foguete realizado em 1989.

De acordo com a revista *Âmbito Jurídico*, em artigo publicado em 2011, o CLA foi criado como uma alternativa ao Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), localizado no Rio Grande do Norte.

O CLBI teve origem da portaria nº S-139/GM3, de 12 de outubro de 1965, tendo como missão a execução e prestação de apoio às atividades de lançamento e rastreamento de recursos aeroespaciais, coleta e processamento de dados de suas cargas úteis, execução de testes, experimentos, pesquisa básica ou aplicada, sendo considerada a primeira base da Força Aérea Brasileira (FAB) para lançamento de foguetes, tornando-se também a primeira base aérea de foguetes da América do Sul. (*ÂMBITO JURIDICO*, 2011)

O primeiro lançamento no CLBI foi um foguete de sondagem de fabricação americana o *Nike Apache*, que ocorreu em dezembro de 1965. Atualmente, mais de 400 lançamentos já foram realizados. (*ÂMBITO JURÍDICO*, 2011)

A localização geográfica da Base de Alcântara é considerada uma das melhores do mundo, por estar a dois graus da Linha do Equador. Isso possibilita a economia de combustível utilizado nos foguetes, além de permitir lançamentos em todos os tipos de órbitas, desde as equatoriais às polares. Outras vantagens são as condições meteorológicas favoráveis, estabilidade do solo e a existência de zona de segurança.

As informações disponíveis no site do Senado (2019) destacam a aprovação do Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) entre Brasil e Estados Unidos da América. Acordo este que estava sendo negociado há mais de 20 (vinte) anos, que regulamenta o uso comercial da base de Alcântara. Nessa nova configuração, haveria uma ampliação da área sobre o controle do CLA e a garantia de proteção de tecnologias americanas a serem utilizadas em componentes embarcados em foguetes e satélites não-bélicos. Atualmente, encontra-se em elaboração o plano de operações comerciais do CLA.

Com o lançamento do *Sputnik* pela União Soviética em 1957, tem-se um marco da Guerra Fria – a corrida aeroespacial. Este fato contribuiu para que a Astronomia fosse incluída na estruturação dos currículos das escolas. Eventos envolvendo Astronomia, com o objetivo de popularizar a Ciência, foram estimulados, aumentando significativamente o interesse de estudantes na área de Astronomia.

Um dos eventos em destaque para impulsionar o ensino de Astronomia foi o *International Year of Astronomy*, instituído pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em 2009. No Brasil, foram realizadas diversas ações, que culminaram em importantes incentivos para a inserção da Astronomia nas escolas públicas e particulares através da estruturação das olimpíadas de conhecimento.

4.2.7 Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)

O site da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) informa que a criação desta surgiu em 1998 a partir do trabalho do engenheiro aeronáutico Daniel Fonseca Lavouras. Essa iniciativa teve o apoio da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Em 22 de agosto de 1998, foi realizada a primeira OBA, com a participação de alunos de todos os estados do Brasil.

Hoje a OBA é coordenada por uma comissão formada por membro da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e da Agência Espacial, com o apoio de parcerias locais e do CNPq.

Para João Canalle (2013), inicialmente o objetivo foi promover a OBA como:

Um recurso pedagógico, um instrumento que, muito mais do que premiar os melhores estudantes, atingisse o objetivo de cativar o interesse dos jovens pela ciência. A prova deveria ser interessante e que não afastasse o estudante pela falta do conhecimento necessário. O desafio era grande. Sem dúvida, o evento poderia servir também para revelar talentos precoces, promover a astronomia e unir as pessoas que se empenhavam no ensino e popularização da astronomia. (CANALLE, 2013, p. 421)

Um grupo de estudantes brasileiros, juntamente com o professor Daniel Fonseca, participou da III Olimpíada Internacional de Astronomia (IAO), realizada na Rússia *no Special Astrophysical Observatory — Russian Academy of Sciences* (SAO-RAS). Este foi, sem dúvida, um dos maiores ganhos da primeira OBA, além de ser um elemento de estímulo para a organização da II OBA, realizada em 1999.

A partir da segunda OBA, foram estabelecidos níveis de acordo com a escolaridade do participante: Nível 1 – Primeiro ao Quinto ano do Ensino Fundamental; Nível 2, 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental; e Nível 3, alunos do Ensino Médio.

Em 2005, foi incluído o tema sobre Astronáutica na OBA e esta inclusão foi motivada pela aglutinação entre a OBA e o projeto AEB na escola. O projeto AEB na escola enfatizava a utilização de experimentos na explicação de fenômenos, que motivou a exploração de tarefas experimentais na OBA. A cada ano a OBA vem se consolidando como incentivo ao estudo de Astronomia e no aprofundamento de temas relacionados ao conhecimento do Universo.

No que tange a relação entre a Astronomia e a Astronáutica, verifica-se que essa inclusão torna o educando mais ativo no processo ensino-aprendizagem, motivando-os com atividades práticas e interativas.

Para consolidar a interação prática teórica entre os alunos, surge a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), que é uma olimpíada inteiramente experimental que consiste em construir e lançar foguetes feitos de garrafas de politereftalato de etileno, mais conhecidas por garrafas PET. Esse evento ocorre juntamente com a OBA.

O Colégio Militar Tiradentes I, localizado em São Luís - MA, participa da OBA desde 2010. Em 2011, a escola ficou entre as 30 melhores do país, sendo uma das poucas do Maranhão classificada para participar da etapa final do evento, que aconteceu na cidade de Passa Quatro, no estado de Minas Gerais, conseguindo estar entre as mais bem colocadas.

Mediante o exposto, fica claro que a Astronomia e a Astronáutica podem ser utilizadas como ferramentas de apoio ao ensino das Ciências, sobretudo da Física. Nesse tipo de aprendizagem, o estudante se sente convidado e estimulado a estudar temas complexos como, por exemplo, lançamento de projéteis e sistema de massa variável.

5 ASTRONOMIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A Astronomia é uma ciência fundamentalmente interdisciplinar, como sublinhado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (BRASIL, 2008). Suas investigações adicionam conhecimentos de diferentes áreas, notadamente das ciências básicas como física, matemática, química, geografia, etc.

Na literatura, existem muitos trabalhos que abordam os aspectos didáticos e pedagógicos no ensino da Astronomia. De acordo com Langhi e Nardi (2012), os principais problemas encontrados vão desde a falta de conhecimento em Astronomia até a falta de materiais adequados para as aulas práticas. Neste capítulo, discutiremos o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

5.1 O papel do professor no processo de ensino-aprendizagem

O Construtivismo é uma reflexão educacional apoiada no princípio de que todo conhecimento que é conquistado não é algo que vem de fora, passando de uma pessoa para outra, ou adquirido por meio de uma leitura. É um processo estimulado a partir de experiências em que o estudante participa de forma ativa na busca do conhecimento. (ANTUNES, 2008). A concepção construtivista de aprendizagem é vista como uma conquista de saberes que permite aprender outros saberes, não como um „recado preso de maneira mecânica a memória“, mas sim, como uma referência que serve de ferramenta para aprender outras coisas. Um aluno que decora ser „importante preservar o meio ambiente“ difere muito de outro que compreende o significado de „meio ambiente“ e a função que cada cidadão tem em „preservá-lo“, além de saber como fazê-lo.

Analisando esta concepção de aprendizagem associada ao Construtivismo, pode-se perceber que ao se aprender de forma não mecânica, o sujeito está efetivamente construindo de modo direto um conhecimento que será sempre ferramenta para as conquistas de outros conhecimentos.

Piaget (2003) descreve o processo de desenvolvimento da construção do conhecimento segundo traços que ele constatou, que caracterizam determinados períodos que se sucedem. Assim, escolas que se baseiam no Construtivismo Piagetiano devem criar um ambiente propenso com experiências e vivências para que o aluno tenha contato direto com o que está aprendendo. Ao criar um ambiente em que o aluno tem oportunidades de agir sobre

os objetos do conhecimento destacando o papel ativo no seu processo de aprendizagem, o professor deverá agir como um facilitador, propondo desafios para que o aluno faça a consolidação do seu conhecimento. Deve-se, também, considerar a influência da interação entre o aluno e o meio social em que está inserido.

Segundo Vygotsky (2007), aprender implica em três elementos básicos: um ser com capacidade de aprender, um objeto a ser conhecido e um elemento mediador. Desse modo, a aprendizagem consiste na abstração do objeto do conhecimento pelo sujeito de forma que este seja capaz de incorporá-lo e reconstruí-lo mentalmente, mesmo sem estar na presença do objeto. A partir dos conceitos, princípios, características, atributos, propriedades, significados e função social, o sujeito será capaz de associá-lo a outros objetos e situações de uso social.

Vygotsky (2007) afirma que as mudanças dos processos mentais acontecem de forma qualitativa por meio da aprendizagem, ou seja, possibilitam o desenvolvimento das funções psíquicas superiores do sujeito, em vários graus de complexidade, mas ressalta que apesar de o sujeito ser o detentor da capacidade de aprender e estar disposto a aprender e ter o objeto de aprendizagem disponível para tal e essas serem situações essenciais para o processo de aprendizagem faz-se necessário a presença do mediador de forma planejada e facilitadora do conhecimento.

Na prática de ensino, seguindo este entendimento, o aluno é o detentor da capacidade de aprender, o conteúdo é o objeto, o professor é o mediador, que precisa estar apto e conhecer com propriedade como a aprendizagem se consolida, podendo assim propor as intervenções de forma a facilitar a consolidação do processo de aprendizagem.

Antunes (2008) relata que,

para Vygotsky, a aprendizagem depende de diferentes fatores em que sempre se enfatiza a mediação. Entretanto, depende também do desenvolvimento “proximal” do aprendiz. A distância entre o nível de resolução de um problema que uma pessoa pode alcançar independentemente fica bem aquém do nível que esta pode alcançar com a ajuda de outra pessoa (mediador) mais competente ou mais experiente. (ANTUNES, 2008, p.17)

Dessa forma, existe sempre uma distância entre como se alcança uma solução e como acharíamos essa solução sendo ajudados.

Ainda mediante Antunes (2008),

tanto Piaget quanto Vygotsky fazem parte da corrente educacional interacionista – aprende-se por meio da dialética externa de adaptação entre a pessoa e seu entorno –; e construtivista – desenvolve-se ao se adaptar e construir a aprendizagem. Enquanto Piaget vê o desenvolvimento da criança apoiado em leis biológicas e,

portanto, de caráter universal, Vygotsky destaca as contribuições da cultura, da interação social e a dimensão histórica do desenvolvimento mental. (ANTUNES, 2008, p.39)

Segundo Siemens (2003) *apud* Coutinho e Lisboa (2011, p. 05), a escola atualmente é constituída de grupos sociais bastante heterogêneos, possuindo um fluxo de informação muito amplo. Além de trabalhar com esses aspectos, o professor tem que focar ainda na formação de cidadãos. Esta concepção é ratificada pela Coordenação de Gestão da Educação Básica (CGEB, 2014).

A Coordenação de Gestão da Educação Básica (CGEB) compreende que a sociedade tenha se tornado muito heterogênea, sendo importante saber lidar com as diferentes realidades, assim a heterogeneidade deverá ser interpretada como uma riqueza e não como um obstáculo. Sendo, desta maneira essencial para que seja concretizado o sucesso no desenvolvimento de trabalhos nas escolas de hoje (CGEB, 2014, p.222).

Segundo Perrenoud (1999), “diferenciar é organizar as interações e as atividades, de modo que cada aluno seja confrontado constantemente, ou ao menos com bastante frequência, com as situações didáticas mais fecundas para ele” (PERRENOUD,1999, p. 27). Isso reforça a importância que a diversidade e a não homogeneidade tem no ambiente de aprendizagem.

Do ponto de vista prático, o grande volume de informações e a heterogeneidade, tem levado a uma fragmentação dos conhecimentos escolares. Isso vem distanciando a experiência e o pensamento crítico das práticas escolares.

Com o objetivo de enfrentar essa problemática, foi aprovado em 2017 a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que tem como função definir as aprendizagens essenciais a serem trabalhadas nas escolas brasileiras públicas e particulares de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio para garantir o direito à aprendizagem e o desenvolvimento pleno de todos os estudantes.

5.2 O ensino das Ciências na escola

Especificamente no estudo em Ciências, geralmente os alunos enfrentam dificuldades entre a relação da teoria desenvolvida em sala de aula com a realidade vivenciada. Assim, não reconhecem o conhecimento científico em situações do seu cotidiano. Portanto, deve-se ter um olhar mais amplo quanto ao processo de aprendizagem desses alunos quanto ao ensino das Ciências, buscando atividades mais prazerosas, instigantes, interativas,

dialógicas, despertando nos alunos uma análise crítica e científica para que consigam identificar e vivenciar em seu cotidiano as teorias previamente ensinadas em ambientes educativos.

No Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que abrange a capacidade de compreender e interpretar o mundo natural, social e o tecnológico, mas também transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das Ciências, como afirma a Base Nacional Comum Curricular (2018) que “apreender Ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no mundo, importante ao exercício pleno da cidadania”.

É inegável o reconhecimento do ensino em Ciências a partir de uma visão pluralista metodológica, em que se considera uma diversidade de recursos pedagógico-tecnológicos disponíveis e a amplitude de conhecimentos que devem ser abordados na escola. Soma-se a isso, com grande êxito, a contribuição dos trabalhos de pesquisa voltados para a temática, revelando a melhor aprendizagem quando consolida o aluno como parte ativa e participante desse processo.

A área de Ciências da Natureza deve assegurar aos estudantes, durante toda a Educação Básica, o acesso aos diferentes conhecimentos científicos, assim como a aproximação progressiva aos processos, práticas e procedimentos da investigação científica, fomentando a curiosidade e o interesse científico, de modo que os educandos sejam estimulados a “definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções” (BRASIL, 2018, p. 321).

De acordo com Carvalho (2006):

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como “projetos de investigação”, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como curiosidades, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (CARVALHO, 2006, p. 21)

Em 2019, a Secretaria de Estado da Educação (SEDUC), devido aos movimentos de profissionais, especialistas em educação e membros da sociedade civil, disponibilizou o Documento Curricular do Território Maranhense para Educação Infantil e Ensino Fundamental, no qual apresenta algumas questões referentes ao Ensino da Ciência em nível nacional e estadual, destacando a trajetória histórica e a inserção das disciplinas componentes das ciências naturais.

Ao longo do tempo, o ensino de Ciências sofreu modificações em um processo sócio-histórico e de reformas curriculares que foram influenciadas pelo avanço científico e tecnológico. Desde então, é indispensável contextualizar sua evolução no currículo escolar.

A inserção do ensino de Ciências no currículo das escolas brasileiras iniciou-se em meados do século XX, por meio da Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, que estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). A partir desse momento ocorreu seu fortalecimento, sua consolidação, sua ampliação de carga horária, notadamente nas disciplinas de Química, Física e Biologia do Curso Colegial, e sua inclusão em todas as séries do antigo Curso Ginásial. A ampliação para as oito séries do 1º grau se deu pela Lei nº 5.692, de 11 de agosto 1971, que pretendia articular a formação educacional do indivíduo ao mercado de trabalho, conforme as exigências da sociedade industrial e tecnológica (SEDUC, 2010).

Nesse contexto histórico, surge um movimento crítico e reflexivo quanto às inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que passou a exercer um papel importante nos currículos do ensino de Ciências, como enfatiza Krasilchik (2000, p. 85):

Na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino, podendo servir de ilustração para tentativas e efeitos das reformas educacionais. (KRASILCHIK, 2000, p. 85)

Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), lei nº 9.394/96, por meio da qual se instituiu as diretrizes e bases para a educação nacional, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que estabeleceram uma nova organização curricular em âmbito federal.

Os PCNs de Ciências adotaram quatro eixos temáticos para o ensino fundamental: (1) Terra e Universo; (2) Vida e ambiente; (3) Ser humano e saúde; (4) Tecnologia e sociedade. Esses temas objetivaram superar a fragmentação e linearidade do ensino de Ciências. Além disso, foram incorporados a este documento temas transversais que tratam da ética, da saúde, do meio ambiente, da orientação sexual, da pluralidade cultural, do trabalho e do consumo.

Para a superação dessa fragmentação, propõe-se que os procedimentos pedagógicos e metodológicos nessa área propiciem uma integração entre as disciplinas e temas integradores, e que a organização do currículo escolar permita a construção do conhecimento amplo, histórico e socialmente produzido pela humanidade, nas suas várias manifestações regionais, culturais, étnicas e estéticas.

Como marco fundamental para a história da educação brasileira, foi aprovada pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) e homologada pelo Ministério da Educação (MEC), no dia 20 de dezembro de 2017, na qual, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi definida como:

Documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento (BRASIL, 2018, p. 7).

Uma das particularidades apresentadas pela BNCC foi a integração e a abordagem gradativa dos conhecimentos de Biologia, Química e Física, antes apenas ministrados no último ano do Ensino Fundamental como Ciências.

Este novo modelo propicia ao estudante, a partir do 1º ano, conhecer a Física, a Química, a Biologia, a Astronomia, a Geologia e outros componentes curriculares, aprofundando-se à medida que progride nos anos posteriores, exercitando a vivência da construção do conhecimento por meio da investigação.

As aprendizagens essenciais para o ensino de Ciências são distribuídas na BNCC em três unidades temáticas tais como: Matéria e energia; Vida e evolução; Terra e Universo que devem ser abordadas de forma gradual, progressiva e contínua do 1º ao 9º ano. Nestas unidades temáticas, são desenvolvidos temas como sustentabilidade socioambiental, ambiente, saúde e tecnologia.

Assim, é necessário proporcionar aos estudantes momentos de aprendizagem que os façam refletir sobre seus conhecimentos e sua compreensão a respeito do mundo em que vivem. Por isso, o ensino de Ciências precisa oportunizar situações (atividades de leitura, discussões, seminários temáticos, aula extraclasse, estudos de textos, projetos, campanhas solidárias, interpretação científica, jogos e gincanas interdisciplinares, trilha ecológica) nas quais os educandos possam se envolver em todas as etapas do processo de investigação científica. Porém, para que haja realmente transformação, a prática pedagógica deve ser bem elaborada e as técnicas precisam ser muito bem planejadas para a obtenção do sucesso da atividade.

A Astronomia promove este papel motivador nas escolas, tanto para o aluno como para os professores, pois, ao abordar o assunto, a maioria dos alunos possui várias perguntas sobre a origem do Universo, buracos negros, vida fora da Terra, missões espaciais etc. Além desse aspecto motivacional, a Astronomia possui um papel diferenciado, que é possuir certo um grau de „„popularidade““, favorecendo a cultura científica, pois o céu é o seu laboratório natural, facilitando a execução de sua atividade com materiais de baixo custo.

Nessa perspectiva, a elaboração de uma metodologia que utilize a Astronomia, a confecção e o lançamento de foguetes como elemento integrador na criação desse ambiente multidisciplinar, pode constituir-se em um elemento integrador do conhecimento.

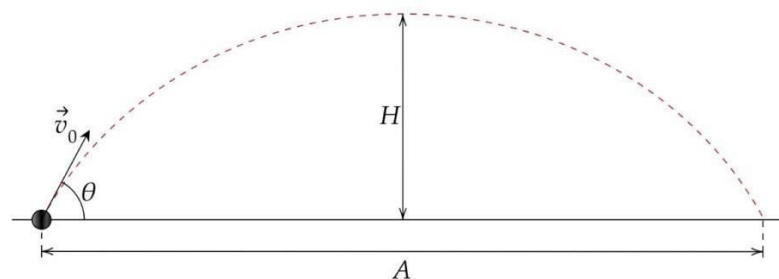
6 DINÂMICA DE FOGUETES

A Mecânica Clássica estuda o movimento dos corpos em nível macroscópico, no qual a velocidade destes é muito menor que a velocidade luz. Para tanto, utiliza-se das leis de Newton e dos Teoremas de Conservação (Conservação de Energia, Momento e Momento Angular) como ferramenta para solucionar problemas restritos a sua validade. Neste capítulo abordaremos a cinemática e a dinâmica do lançamento de foguetes.

6.1 Lançamento oblíquo no vácuo

Trataremos o movimento de um corpo sendo lançado com velocidade v numa direção que forma com a horizontal um ângulo θ (ângulo de lançamento). Desprezaremos a resistência do ar e consideraremos que a única força que atua seja a força da gravidade. A Figura 9 apresenta a configuração de lançamento.

Figura 9 - Trajetória parabólica em relação à Terra



Fonte: O autor.

Como a força da gravidade atua apenas no eixo vertical (eixo y), teremos que o movimento nesse eixo será um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração $-g$. Em relação ao movimento horizontal (eixo x), como nenhuma força atua nessa direção, teremos um movimento retilíneo uniforme. O movimento da partícula será a composição desses dois movimentos.

Considerando o eixo y como origem no ponto de lançamento e orientado para cima, a aceleração será $a = -g$.

Veremos como obter as equações de movimento:

Para o eixo y , tem-se as equações do movimento retilíneo uniformemente variado, a seguir:

- Função horária da velocidade:

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

- Função horária do espaço:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (2)$$

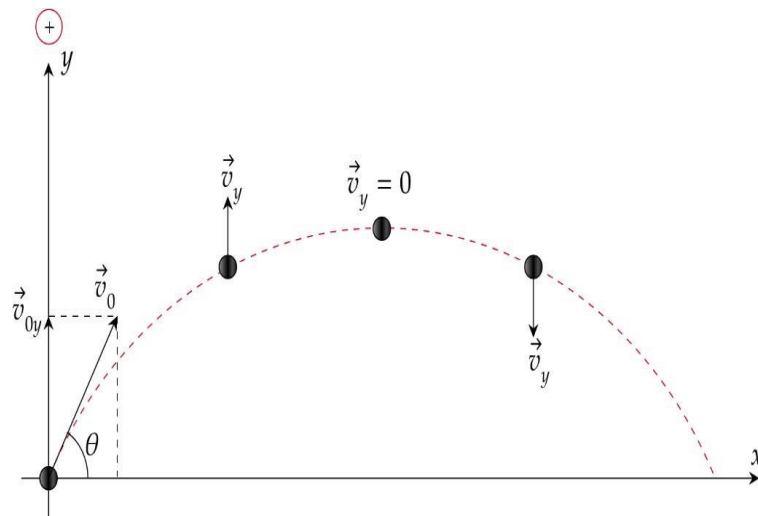
- Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta y \quad (3)$$

Mostra-se, na Figura 10, como a velocidade varia no eixo vertical. Fazendo a projeção do vetor velocidade inicial no eixo y , tem-se o módulo da velocidade inicial:

$$v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen}\theta \quad (4)$$

Figura 10 - Velocidade inicial em relação ao plano vertical



Fonte: O autor

Para o eixo vertical, tem-se:

$$v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen}\theta$$

$$a = -g$$

$$v_0 = 0$$

$$\Delta y = y$$

Sendo assim, as equações de movimento serão escritas da seguinte forma:

$$v_y = v_0 \cdot \text{sen}\theta - g \cdot t \quad (5)$$

$$y = v_0 \cdot \text{sen}\theta \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (6)$$

$$v_y^2 = (v_0 \cdot \text{sen}\theta)^2 - 2gy \quad (7)$$

Para o eixo x , tem-se a equação do movimento retilíneo uniforme, a saber:

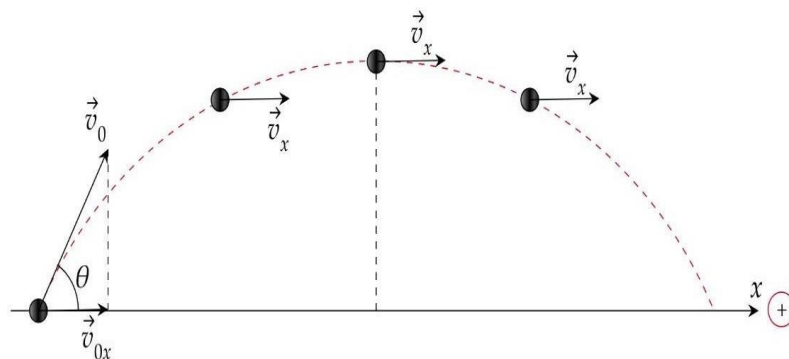
$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t \quad (8)$$

Fazendo a projeção do vetor velocidade inicial no eixo x , tem-se que o módulo da velocidade inicial será:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta. \quad (9)$$

Como o movimento é retilíneo e uniforme, a velocidade não varia ao longo do eixo horizontal, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Movimento retilíneo uniforme



Fonte: O autor

Em nossa configuração,

$$x_0 = 0$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

Assim, a equação de movimento para o eixo x será:

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t \quad (10)$$

Resolvendo as equações de movimento para determinadas condições, pode-se calcular soluções específicas para o problema.

A altura máxima é atingida quando a componente y da velocidade v_y se anula, isto é:

$$y = H_{max}, \text{ quando } v_y = 0$$

$$\text{Da equação, } v_y^2 = (v_o \cdot \text{sen}\theta)^2 - 2 \cdot g \cdot y$$

$$0 = (v_o \cdot \text{sen}\theta)^2 - 2 \cdot g \cdot H_{max}$$

$$(v_o \cdot \text{sen}\theta)^2 - 2 \cdot g \cdot H_{max} = 0$$

$$2 \cdot g \cdot H_{max} = (v_o \cdot \text{sen}\theta)^2$$

$$H_{max} = \frac{(v_o \cdot \text{sen}\theta)^2}{2g} \quad (11)$$

Deseja-se agora calcular o alcance A. Quando o corpo retorna ao nível de lançamento: $v_y = -v_{oy}$ e o tempo é igual ao tempo de permanência no ar $t = t_T$

$$v_y = v_o \cdot \text{sen}\theta - g \cdot t$$

$$-v_o \cdot \text{sen}\theta = v_o \cdot \text{sen}\theta - g \cdot t$$

$$-v_o \cdot \text{sen}\theta - v_o \cdot \text{sen}\theta = -g \cdot t$$

$$-2v_o \cdot \text{sen}\theta = -g \cdot t$$

$$g \cdot t = 2v_o \cdot \text{sen}\theta$$

$$t = \frac{2v_o \cdot \text{sen}\theta}{g} \quad (12)$$

Quando o tempo total é igual ao tempo de permanência no ar, a posição da partícula será igual ao alcance $x = A$.

$$A = v_o \cdot \cos\theta \cdot t_T \quad (13)$$

$$A = v_o \cdot \cos\theta \cdot \frac{2v_o \cdot \text{sen}\theta}{g}$$

Como $2 \cdot \text{sen}\theta \cdot \cos\theta = \text{sen}2\theta$, temos:

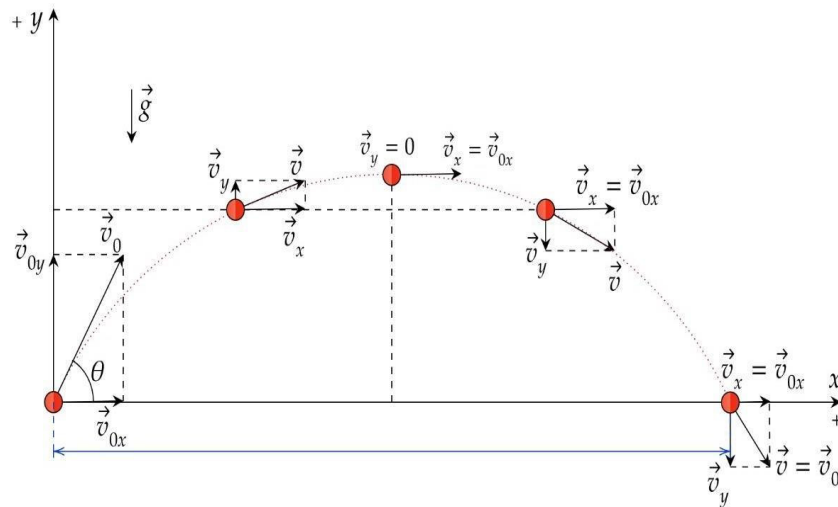
$$A = \frac{v_o^2 \cdot \text{sen}2\theta}{g} \quad (14)$$

Nessas condições, encontra-se o alcance (A) em função da velocidade v_o e do ângulo de lançamento θ :

Mantida a velocidade inicial fixa, o alcance máximo será obtido quando o $\text{sen}2\theta = 1$, isto é, quando $\theta = 45^\circ$. Vale ressaltar também que, considerando o movimento resultante, a velocidade \vec{v} do projétil é sempre dada pela soma vetorial das componentes de velocidade \vec{v}_x e \vec{v}_y :

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y \quad (15)$$

Figura 12 - Soma dos vetores



Fonte: O autor

Pode-se observar que a velocidade \vec{v} sempre é tangente à trajetória e no ponto mais alto da trajetória $\vec{v}_y = 0$ e $\vec{v} = \vec{v}_x$. Neste ponto, o módulo da velocidade \vec{v} é mínimo.

Ao retornar ao nível horizontal de lançamento, o projétil apresenta velocidade \vec{v} , cujo módulo é igual ao módulo da velocidade de lançamento \vec{v}_0 . Isso equivale a dizer que a velocidade escalar v do corpo, no instante de retorno ao solo, é igual à velocidade escalar v_0 com que foi lançado a partir do solo.

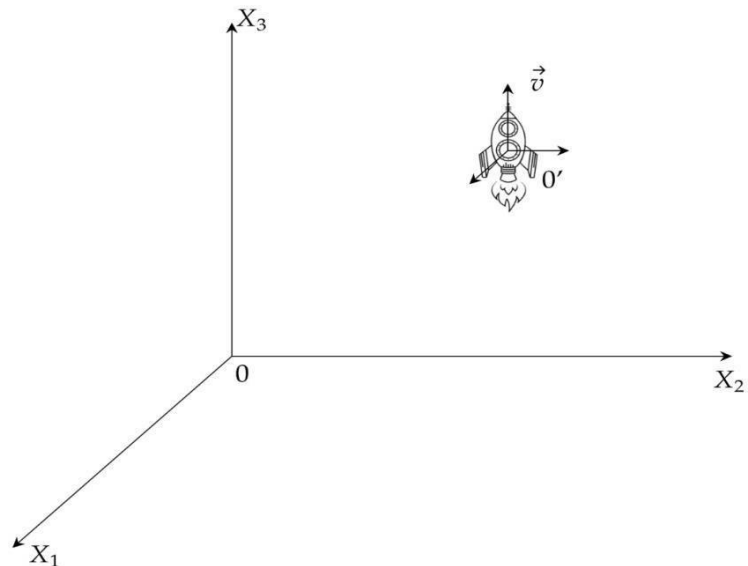
6.2 Movimento com massa variável no tempo

Apresenta-se agora a física que explica o movimento do lançamento de um foguete. O movimento de um foguete pode ser considerado como um protótipo do movimento de um sistema com massa variável. A variação de massa, nesse caso, não é devido à velocidade da partícula, isto é, não é um efeito relativístico, e sim um efeito devido à perda de massa pela queima do combustível.

Trata-se, primeiramente, do movimento do foguete no espaço em que o campo gravitacional é nulo ($\vec{g} = 0$). Consideraremos que a queima do combustível seja o único mecanismo de propulsão.

Considerando a velocidade do foguete em relação a um referencial fixo "O" igual a " \vec{v} " e a velocidade da combustão " \vec{u} ", relativo a um referencial "O'" que se move com o foguete, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Movimento do foguete



Fonte: O autor

Em que:

\vec{v} = velocidade do foguete relativo a O.

$m = m(t)$ = massa variável.

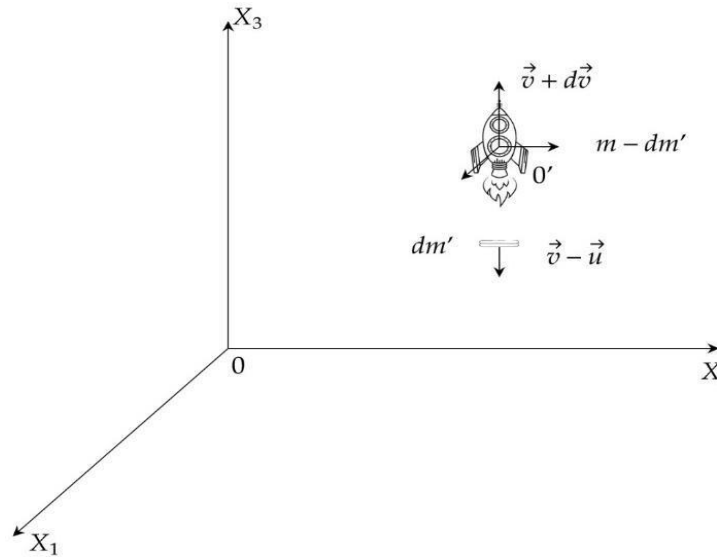
\vec{u} = velocidade do combustível relativo a O'.

$\vec{v} - \vec{u}$ = velocidade do combustível relativo a O.

A velocidade de exaustão do combustível em relação ao referencial O será $\vec{v} - \vec{u}$.

Representamos a massa do foguete por uma função $m = m(t)$.

Decorrido certo instante de tempo dt , a massa do foguete será $m - dm$ e sua velocidade será $\vec{v} + d\vec{v}$, de acordo com a Figura 14.

Figura 14 - Velocidade de exaustão do foguete

Fonte: O autor

Sendo o sistema conservativo devido à ausência de forças externas, o momento se conserva.

$$P_i = P_f \quad (16)$$

Pela Figura 13, observamos que o momento inicial é dado pela equação:

$$P_i = mv \quad (17)$$

Analisando a Figura 14, tem-se que o momento final é dado pela equação:

$$P_f = (m - dm')(v + dv) + dm'(v - u) \quad (18)$$

Substituindo (2) e (3) em (1), teremos:

$$mv = (m - dm')(v + dv) + dm'(v - u)$$

$$mv = mv + mdv - vdm' - dm'dv + dm'v - udm'$$

$$mdv - dm'dv - udm' = 0 \quad (19)$$

Desconsiderando o produto $dm'dv$, por ser muito pequeno

$$mdv = udm' \quad (20)$$

A variação de massa dm do foguete é igual a massa de combustível dm' . Como a massa do foguete diminui, deve-se tomar

$$dm = -dm' \quad (21)$$

Substituindo (21) em (20)

$$mdv = u(-dm) \quad (22)$$

$$dv = -u \frac{dm}{m} \quad (23)$$

Considerando que no início da queima do combustível o foguete possuísse massa m_o e velocidade v_o , pode-se calcular a velocidade em função da massa em qualquer ponto. Como esse problema envolve conhecimentos não abordados nem no ensino fundamental e nem no ensino médio, mostramos no anexo como utilizar o programa *Symbolab* para realizar tais contas.

$$\int_{v_o}^v dv' = -u \int_{m_o}^m \frac{dM}{M} \quad (24)$$

A resolução da integral está disponível no ANEXO A.

$$\begin{aligned} v - v_o &= ul_n \left(\frac{m_o}{m} \right) \\ v &= v_o + ul_n \left(\frac{m_o}{m} \right) \end{aligned} \quad (25)$$

Da equação acima, observa-se que para maximizar a velocidade do foguete precisa-se maximizar a velocidade da queima do combustível e a razão $\left(\frac{m_o}{m}\right)$. Devido à limitação imposta pela razão $\left(\frac{m}{m_o}\right)$, utilizam-se foguetes multiestágios, não considerados aqui.

O movimento de um foguete próximo da Terra é complicado. Entretanto, fazendo algumas simplificações, podemos obter um resultado analítico razoável. Considere-se que o movimento seja vertical; que a resistência do ar seja nula e que a aceleração da gravidade seja constante. Utilizando a 2ª Lei de Newton, tem-se:

$$\vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (25)$$

$$d\vec{P} = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot dt$$

$$d\vec{P} = \vec{P}_f - \vec{P}_i \quad (26)$$

Tomando o valor de $\vec{F}_{\text{ext}} = -m\vec{g}$ e usando os valores de \vec{P}_f e \vec{P}_i dados nas equações (16) e (17), teremos:

$$-mgdt = [(m - dm')(v + dv) + dm'(v - u)] - mv$$

$$-mgdt = mv + mdv - vdm' - dm'dv + dm'v - dm'u - mv$$

Desprezando-se o termo $dm'dv$ por ser bem pequeno. Nossa equação ficará

$$-mgdt = mdv - dm'u$$

$$\text{Como } dm' = -dm$$

$$-g = \frac{dv}{dt} + \frac{udm}{mdt}$$

$$-g = \frac{dv}{dt} + \frac{udm}{mdt}$$

$$\frac{dv}{dt} = -g - \frac{udm}{mdt} \quad (27)$$

Considerando-se agora que a queima do combustível seja do tipo

$$\frac{dm}{dt} = -kmi$$

$$dm = -kmi \cdot dt$$

$$\frac{dm}{mi} = -k dt \quad (28)$$

Ao integrar a equação anterior,

$$\frac{1}{mi} \int dm = -k \int dt,$$

A resolução da integral está disponível no ANEXO B.

$$\frac{m}{mi} = -kt + c \quad p/t = 0, m = mi \rightarrow c = 1$$

$$\frac{mi}{m} = 1/(1 - kt) \quad (29)$$

Substituindo (28) em (27) e usando (29),

$$\frac{dv}{dt} = -g - \frac{u}{m}(-kmi) = g + \frac{uk}{1 - kt}$$

Integrando agora a equação acima de $t = 0$, quando $v = 0$ até o instante de tempo $t = t_f$, quando $v = v_f$, tem-se

$$\int_0^{v_f} dv = -g \int_0^{t_f} dt + u \int_0^{t_f} \frac{k dt}{1 - kt} \quad (30)$$

A resolução da integral está disponível no ANEXO C.

Fazendo

$$1 - kt = A$$

$$dA = -k dt$$

$$\int_0^{t_f} \frac{k dt}{1 - kt} = -\ln(1 - kt)|_0^{t_f}$$

$$= -\ln(1 - kt_f) \quad (30)$$

Substituindo o resultado acima em (28)

$$v_f = -gt_f - u \ln(1 - kt_f) \quad (31)$$

Considerando que em $t = 0, h = 0$ e que $t = t_f, h = h_f$, tem-se

$$\int_0^{h_f} dx = -g \int_0^{t_f} t dt - u \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt$$

$$h_f = -g \frac{t_f^2}{2} - u \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt \quad (32)$$

Deve-se resolver a integral

$$\int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt$$

Fazendo

$$1 - kt = A \quad dt = -\frac{dA}{k}$$

$$\int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = - \int_0^{t_f} \ln(A) \frac{dA}{k} \quad (33)$$

Aplicando uma nova mudança de variável do tipo

$$\ln A = u \quad (34)$$

$$A = e^u \quad (34)$$

$$dA = e^u du \quad (35)$$

$$\int u' e^{u'} du'' = u'' e^{u'} - \int e^{u'} du' \quad (36)$$

$$u' = u \quad du'' = du \quad (37)$$

$$e^{u'} du'' = dy \quad y = \int e^{u'} du' \quad (38)$$

$$\int u' e^{u'} du' = u e^u - e^u$$

$$\int u' e^{u'} du' = A l_n A - A \quad (39)$$

$$- \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = - \frac{1}{k} [A l_n A - A]$$

$$- \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = - \frac{1}{k} [A - A l_n A] \quad (40)$$

$$- \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = - \frac{1}{k} [(1 - kt)|_0^{t_f} - (1 - kt) l_n (1 - kt)|_0^{t_f}]$$

$$- \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = - \frac{1}{k} [(1 - kt)_f - (1 - kt)_0] l_n (1 - kt)_f - 1]$$

$$- \int_0^{t_f} \ln(1 - kt) dt = t_f + \frac{(1 - kt_f)}{k} \ln(1 - kt_f) \quad (41)$$

Substituindo esse resultado em (32)

$$h_f = -g \frac{t_f^2}{2} + u_f + \frac{u}{k} (1 - kt_f) l_n (1 - kt_f) \quad (42)$$

Observe-se que t_f é o tempo da queima do combustível e pode ser determinado pela equação (26)

$$\frac{dm}{m_i} = -k dt$$

$$\int_0^{t_f} dt = - \frac{1}{k m_i} \int_{m_i}^{m_f} dm \quad (43)$$

A resolução da integral está disponível no ANEXO D.

$$t_f = \frac{-1}{k m_i} \left[m_f - m_i \right]$$

$$t_f = \frac{1}{k} \left[1 - \frac{m_f}{m_i} \right] \quad (44)$$

Substituído t_f em (31) e (42)

$$v_f = -\frac{g}{\alpha} \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) - u l_n \left[1 - \frac{k}{k} \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) \right]$$

$$v_f = -\frac{g}{\alpha} \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) - u l_n \left(\frac{m_f}{m_i} \right) \quad (45)$$

$$h_f = \frac{1}{k} \left[1 - \frac{m_f}{m_i} \right] \left[u - \frac{g}{2k} \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) \right] + \frac{u}{k m_i} l_n \left(\frac{m_f}{m_i} \right) \quad (46)$$

Essas equações nos permitem descrever o movimento de um foguete cujo consumo de combustível seja descrito pela Equação **(28)**.

7 PRODUTO EDUCACIONAL

Esse capítulo descreve a aplicação da Sequência Didática, que aborda os conhecimentos necessários para a confecção e lançamento e modelagem de foguetes feitos de garrafa *Pet*.

7.1 Sequência didática

Conforme Machado e Cristóvão (2006), o termo Sequência Didática passa a existir no Brasil nos documentos oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), editados pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC, 1998), como "projetos" e "atividades sequenciadas" utilizadas no estudo da Língua Portuguesa. Recentemente, as sequências didáticas estão conectadas ao estudo de todos os conteúdos dos vários componentes curriculares da escola básica.

Escolheu-se uma Sequência Didática (SD) para esse trabalho porque é uma metodologia que acentua a investigação científica construtivista que valoriza a ação concreta do aluno no processo, contribuindo para a consolidação de conhecimentos e permitindo novas aquisições. A questão central é encontrar um estilo profissional pelo qual os estudantes consigam apropriar-se das informações e dos saberes trabalhados. Levando-se em conta a nova postura do docente, na qual se deseja ensinar Ciências, incorporando a sua história, epistemologia e metodologia científica, desenvolvendo uma estrutura lógica que auxilie na sistematização da abordagem escolhida.

Tem-se como objetivo demonstrar a possibilidade de sua utilização como uma nova proposta didática-metodológica que facilita a interação professor-aluno na construção de novos conhecimentos e saberes, visando oferecer subsídios que contribuem para um melhor processo do ensino-aprendizagem. Sendo de fundamental importância a efetiva participação dos alunos desde o planejamento inicial até a sua finalização. Deve-se ressaltar a necessidade de uma avaliação contínua direcionada para que os conceitos e procedimentos metodológicos sejam consolidados ao longo das etapas.

Segundo Oliveira (2019),

o conjunto de atividades propostas devem ter conexões entre si e, em seu planejamento, haver uma clara delimitação em cada uma das etapas e/ou atividades, de modo que o trabalho possa ser executado de forma integrada. Tal procedimento aumentaria a efetividade do processo de ensino aprendizagem. (OLIVEIRA, 2019, p.53)

Para Camargo e Bossle (2016, p. 02), as sequências didáticas são elaboradas para ministrar os conteúdos seguindo etapa por etapa, passando a ser um conjunto de atividades ligadas entre si e organizadas de acordo com as metas do ensino e aprendizagem, que o professor almeja alcançar. Para Araújo (2013, p.322), a sequência didática é “um modo do professor organizar as atividades de ensino em função de núcleos temáticos e procedimentais” em que a construção de cada unidade segue uma sequência lógica de construção do todo, de modo contextualizado.

Santos (2007) afirma que o papel da Sequência Didática é:

- 1) desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à Ciência e à Tecnologia;
- 2) auxiliar na aprendizagem e conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da Ciência;
- 3) encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em Ciências com problemas do cotidiano”. (SANTOS, 2007, p. 5)

Isso posto, Castro (1976, p.55) defende a utilização da Sequência Didática, uma vez que a “aprendizagem por unidades atende às necessidades do estudante de maneira mais efetiva. Opondo-se que esta seja apenas uma sucessão de aulas, tarefas e provas, referentes às informações esparsas, isoladas ou estanques”.

Compreende-se que a SD permite que as aulas sejam mais dinâmicas, organizadas em que o professor por meio de seus objetivos promova atividades em prol da aprendizagem do conteúdo contemplado da unidade didática que poderá ser conceitual, procedimental ou atitudinal.

No pensamento de Zabala (1998), as atividades e relações estabelecidas em uma Sequência Didática devem ser bem identificadas, a fim de propiciar a compreensão de seu valor educacional e possíveis mudanças para sua melhoria. Vê-se, portanto, que toda SD deve estar evidenciada de maneira clara para que seja proeminentemente eficaz.

Neste contexto, Zabala (1998) escreve:

"As condições de uma aprendizagem de conceitos ou princípios coincidem exatamente com as que foram descritas como gerais e que permitem que as aprendizagens sejam as mais significativas possíveis. Trata-se de atividades complexas que provoquem um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito. Atividades experimentais que favoreçam que os novos conteúdos de aprendizagem se relacionem substantivamente com os conhecimentos prévios; atividades que promovam uma forte atividade mental que favoreça estas relações; atividades que outorguem significado e funcionalidade aos novos conceitos e princípios; atividades que suponham um desafio ajustado às possibilidades reais, etc. Trata-se sempre de atividades que favoreçam a compreensão do conceito a fim de utilizá-lo para interpretação ou o conhecimento de situações, ou para construção de outras ideias" (ZABALA,1998, p.30).

Contudo, ainda se pode observar um distanciamento entre a teoria e a prática. Mas tendo a compreensão da importância da SD para a eficácia dos objetivos propostos, apresenta-se neste trabalho uma Sequência Didática composta por 11 atividades que têm por objetivo auxiliar o aluno na construção e lançamento de um protótipo de foguete feito de garrafas PET, utilizando-se bicarbonato de sódio e vinagre como propelente.

Deve-se salientar que as atividades a serem desenvolvidas são primordialmente interdisciplinares e estabelecem conexões entre teoria e prática, além de abordar um tema de interesse regional.

Destaca-se que o uso dos espaços não-escolares é de suma importância para a evolução de reflexões holísticas sobre questões sociais, ecológicas, políticas e de saúde, associadas ao problema abordado. Isso possibilita o entendimento de que o ambiente natural é condicionado por recursos e alinhamentos fundamentais para desenvolver qualquer atividade, considerando seus impactos devido às ações humanas.

7.2 Procedimentos Metodológicos

Neste item será abordado todo o procedimento metodológico do público-alvo, ambientes, disciplinas e conteúdo (currículo), propostas de ação e estratégias perpassando pela Sequência Didática.

Isto posto, delinea-se a estrutura da Sequência Didática apresentada nesta pesquisa ao curso de Mestrado Nacional em Ensino da Física pela Universidade Federal do Maranhão.

No primeiro momento foram ministradas aulas sobre conteúdos básicos do ensino da Física; no segundo momento, realizou-se a aplicação do formulário investigativo para que pudessem ser mensurados os conhecimentos prévios que os alunos têm em relação à Astronomia.

No terceiro, ministrou-se uma palestra sobre o Sistema Solar; no momento seguinte disponibilizou-se aos alunos um tutorial sobre a confecção de foguetes. Posteriormente, ofertou-se nova palestra sobre Astronomia, desta vez abordando aspectos históricos de Modelos Cosmológicos, até a solução do problema do movimento de dois corpos. Em seguida, abordou-se a fundamentação vetorial do movimento de foguetes, seguido de uma palestra sobre a “Dinâmica dos Foguetes”.

Após a compreensão da Cinemática e da Dinâmica, os alunos confeccionaram seus próprios foguetes de garrafa pet com base no tutorial disponível no *Google Classroom*. Logo em seguida ocorreu uma oficina no laboratório de Ciências da escola, com o objetivo de avaliar os foguetes já construídos pelos alunos, trabalhando parâmetros que pudessem vir a melhorar o seu desempenho. Na sequência, os foguetes construídos pelos alunos foram lançados. Posteriormente, utilizou-se o aplicativo *Tracker* para avaliar o desempenho de cada foguete. Por fim, no último momento, foi aplicado um formulário de avaliação do projeto.

7.2.1 Ambientes e Público-Alvo

O público-alvo desse projeto foram alunos do 9º ano do ensino fundamental do Colégio Militar Tiradentes I, que tiveram a oportunidade de aprimorar seus conhecimentos a respeito de Astronomia e Astronáutica, além de vivenciarem situações práticas de lançamento de foguetes. Deve-se salientar que esses protótipos foram construídos pelos próprios alunos, com o objetivo de conectar a teoria e a prática, de modo a catalisar o interesse dos alunos pela Ciência.

Os ambientes utilizados para desenvolvimento do trabalho a princípio foram: sala de aula, plataforma *Google Meet*, *Google Classroom*, *Google Forms*, Aplicativo *Symbolab*, Laboratório de Ciência da escola, Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças (CFAP), e o Aplicativo *Tracker*.

Devido ao momento pandêmico, o trabalho foi redirecionado para que as atividades educacionais fossem desenvolvidas de forma remota, justificando a escolha dessas plataformas e dessa modalidade. Segundo Almeida (2012), a criação de modelos virtuais que incorporem processos de práticas que promovam ambientes de aprendizagem colaborativos, e construtivistas nas plataformas escolhidas é de fundamental importância na aprendizagem. Com o advento da pandemia essa preocupação tornou-se imperativa.

Deve-se destacar o aproveitamento pedagógico multidisciplinar que foi desenvolvido junto a esses alunos, em que a atividade de lançamento de foguetes foi utilizada como tema transversal.

7.2.2 Disciplina e Conteúdos

A disciplina Física fora escolhida para ser ministrada na pesquisa, tendo por conteúdos: Mecânica (Cinemática, Dinâmica, Leis de Conservação); Leis de Kepler; Sistema solar, Histórico de foguetes; História da Astronomia e Astronáutica e Dinâmica de Foguetes.

7.2.3 Propostas de Ação e Estratégias Didáticas

O plano de ação e as estratégias didáticas foram criados objetivando o melhor caminho para alcançar a aprendizagem e os objetivos delineados neste trabalho. O plano de ação compreende uma metodologia empregada para identificar, organizar e controlar as ações necessárias para atingir uma ou mais metas pretendidas (ROTH, 2004).

Mansilha (2012, p.119), acentua que as estratégias didáticas são conjuntos de atividades que podem ser usadas para a construção de novos saberes, integrando a dificuldade ao habitual, o estranho ao familiar, o desconhecido ao conhecido. O que importa é usar estratégias que engajem o aprendiz ativamente no processo de modo que este obtenha novos conhecimentos.

Assim, compreende-se que as estratégias são fundamentais para alcançar as metas estipuladas e para a utilização dos recursos adequados na proposta, existindo uma preocupação com o planejamento de ações e com o desenvolvimento de materiais didáticos e com a avaliação da SD, por meio de um diagnóstico.

Na visão de Roncarelli, Mallmann e Catapan (2007):

A complexidade e a importância das estratégias didáticas e comunicacionais nos processos de ensino aprendizagem à distância exigem estratégias tecnológicas que lhes deem suporte. Portanto, antes de escolher o AVA, é preciso compreender bem como se dão esses processos a distância, como se estabelecem as situações de comunicação mediadas por computador, e como as situações de aprendizagem podem ser planejadas de conformidade com o propósito técnico-pedagógico.

Desta maneira, a proposta e estratégias didáticas para este projeto foram distribuídas em 11 etapas:

- 1ª Etapa: Aulas sobre Mecânica;
- 2ª Etapa: Aplicação do formulário investigativo;
- 3ª Etapa: Palestra sobre o Sistema Solar;
- 4ª Etapa: Distribuição de um tutorial sobre a confecção de foguetes;
- 5ª Etapa: Palestra sobre Astronomia – Dos Gregos a Newton;
- 6ª Etapa: Aula sobre Mecânica Vetorial;
- 7ª Etapa: Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes;

8ª Etapa: Avaliação e ajustes dos protótipos de foguetes;

9ª Etapa: Lançamento dos foguetes;

10ª Etapa: Modelagem dos lançamentos pelo *Tracker*;

11ª Etapa: Formulário de avaliação do projeto.

Essas etapas buscaram uma interação, também fundamental em todo o processo, sendo empregadas de maneira remota com aulas síncronas e assíncronas. A seguir, falar-se-á sobre o primeiro momento em que se abordou a Mecânica.

1º Etapa - Aulas sobre Mecânica

Para início, ministraram-se aulas de Mecânica por ser um segmento da Física que disserta sobre o movimento. Esse estudo possui uma enorme relevância para diversas profissões, além de ser bastante cobrado em processos seletivos.

A Mecânica é uma parte da física que está centralizada no estudo do movimento dos corpos, estejam ou não sob a ação de forças. A mecânica se subdividiu em Cinemática, Dinâmica e Estática (CARVALHO, p. 32, 2020). Deste modo, tornou-se fundamental a aplicação de aulas de Mecânica.

Assim, as aulas foram ministradas em dois sábados de cada mês de acordo com o período de abril a novembro de 2019, em sala de aula, na qual foram apresentados aos alunos do 9º ano do Colégio Militar Tiradentes I os conceitos básicos de Mecânica.

Para fundamentar o movimento dos foguetes, abordou-se a Mecânica, dando ênfase nos conteúdos necessários para a compreensão da física envolvida. Abordou-se os movimentos uniforme e uniformemente variado, bem como a composição desses movimentos para o entendimento do lançamento oblíquo. Isso se faz necessário para a compreensão da trajetória descrita pelo foguete. Nos conteúdos de Dinâmica, apresentou-se as Leis de Newton, suas interpretações e aplicações voltadas para sistemas de massa variável.

No Quadro 1, apresentamos o cronograma dos conteúdos ministrados.

Quadro 1 – Conteúdos Lecionados da 1ª Etapa

Período: 1º Semestre	
Data	Conteúdo Lecionado
06/04/2019	Introdução à Física
20/04/2019	Introdução à Cinemática

04/05/2019	Estudo do movimento uniforme
18/05/2019	Estudo do movimento uniformemente variado
01/06/2019	Queda livre e lançamento vertical
22/06/2019	Lançamento na horizontal
Período: 2º Semestre	
Data	Conteúdo Lecionado
03/08/2019	Vetores
24/08/2019	Lançamento Oblíquo
14/09/2019	Leis de Newton
28/09/2019	Aplicação das leis de Newton
05/10/2019	Trabalho e Energia
19/10/2019	Energia e suas Conservações
09/11/2019	Quantidade de Movimento
23/11/2019	Histórico de Foguetes

Fonte: O autor.

As aulas foram ministradas com o objetivo de possibilitar a análise e compreensão do movimento, suas causas e efeitos. Em nossa abordagem sobre conservação de energia foram enfatizadas as definições, os processos de produção e utilização da energia em nossa sociedade. Nessa etapa, ministrou-se aulas presenciais como mostram as Figuras 15 e 16, vivenciadas antes da pandemia, no dia 18 de maio de 2019.

Figura 15 - Aula do dia 18 de maio de 2019



Fonte: O autor.

Figura 16 - Aula do dia 18 de maio de 2019



Fonte: O autor.

2º Etapa - Aplicação do Formulário Investigativo

Na segunda etapa, aplicou-se um questionário com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astronomia. Esse questionário foi elaborado no *Google Forms* (**APÊNDICE A**) e disponibilizado no *Google Classroom*, no período de 27 de maio de 2020 a 04 de junho de 2020.

- 1- O que você sabe sobre a origem científica do universo?
- 2- Como o Sistema Solar foi formado?
- 3- Que forças atuam de modo a garantir a estabilidade do movimento dos planetas em torno do Sol?
- 4- Como proceder para colocarmos um satélite em órbita da Terra? Explique os procedimentos a serem adotados e os principais problemas a serem enfrentados?
- 5- Como proceder para realizarmos uma viagem espacial da Terra a Marte? Explique os procedimentos a serem adotados e os principais problemas a serem enfatizados.
- 6- Pensando em uma viagem espacial em que o tempo seja muito longo, quais os principais problemas a serem considerados?

Esse questionário pode-se ser elaborado e aplicado presencialmente ou em diversas plataformas digitais tais como: *Survio*, *Mind Miners*, *Google Forms*, *Typeform* ou qualquer outra ferramenta similar.

3ª Etapa - Palestra sobre o Sistema Solar

Foi ministrada uma palestra sobre o Sistema Solar pela plataforma do *Google Meet*, no dia 19 de junho de 2020, com o objetivo de apresentar aos alunos a formação do Sistema Solar e seus principais componentes: Sol, planetas, luas, cometas, meteoroides, anéis planetários e planetas-anões, bem como a característica de cada um deles. Foram apresentadas as principais teorias de formação do Sistema Solar, explorando os princípios da Física necessários à compreensão dos fenômenos. Sendo uma aula bem interativa, em que os alunos perguntaram bastante sobre as teorias e puderam tirar dúvidas. Na Figura 17, apresentamos uma *print* dessa palestra.

Figura 17 – Palestra sobre o Sistema Solar



Fonte: O autor.

Assim, tendo por fundamento a Ciência a Tecnologia e a Sociedade (CTS), buscou-se a linha de ensino CTS que encaixa uma lógica e uma orientação axiológica na aceção da dimensão formativa e cultural. Buscando neste ensino uma contextualização mais próxima do aluno, Santos (2010, p.74) recomenda um ensino valorizando a constituição de saberes conectados à solução prática de problemas do cidadão e à mobilização do cidadão para lidar com saberes indispensáveis às decisões, vigilâncias e denúncias oportunas.

Para orientar a elaboração dos currículos de Ciências, a BNCC organizou as aprendizagens essenciais em três unidades temáticas que se repetem ao longo de todo o

Ensino Fundamental: Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Dentro dessa perspectiva, deve-se observar que a palestra ministrada se insere na contextualização da BNCC.

4ª Etapa - Tutorial sobre a confecção de foguetes de garrafa pet

Nesta etapa foi disponibilizado, no *Google Classroom*, um tutorial sobre a confecção de foguetes de garrafa pet, desenvolvido pelo professor mediador no Laboratório de Ciências da escola. Neste tutorial, foi apresentado aos alunos cada etapa da confecção de foguetes de garrafa pet. O tutorial pode ser acessado clicando [aqui](#).

O tutorial inicia apresentando aos alunos os materiais a serem utilizados na construção dos foguetes e, em seguida, o processo de confecção destes: explica-se a construção do bico, bem como a necessidade de utilizar um suporte para o encaixe do elemento no corpo do foguete; a utilização da massa de modelar como carga útil para garantir a estabilidade do foguete e a confecção das aletas no formato padrão e como encaixá-las no corpo do foguete de modo a garantir a sua estabilidade no voo.

Na Figura 18, encontra-se foto do vídeo do tutorial da confecção dos foguetes.

Figura 18 - Tutorial Confecção de Foguetes



Fonte: O autor.

Após ser disponibilizado o tutorial demonstrativo sobre a confecção de foguetes, os alunos tiveram um prazo seis dias (23 de junho a 29 de junho de 2020) para apresentarem

seus protótipos. Dos 125 alunos que participaram desta atividade, apenas 44 conseguiram realizá-la.

Após análise de todos os protótipos, o professor orientador avaliou e escolheu os três melhores, considerando principalmente os critérios de construção estabelecidos no tutorial. Na Figura 19 apresentamos os protótipos escolhidos.

Figura 19 - Protótipos de foguetes dos alunos



Fonte: O autor.

Desta forma, alude-se que o ensino de Ciências se constitui em um processo de alfabetização científica e tecnológica que permitirá ao aluno, cada vez mais, estabelecer conexões como os fenômenos naturais, socioculturais e, em consequência, realizar uma leitura e uma interpretação mais elaborada da natureza e da sociedade (SANTA CATARINA, 1998).

5ª Etapa - Palestra sobre Astronomia

O desenvolvimento desta etapa aconteceu através de uma palestra apresentada pelo professor Dr. Antônio Pinto Neto, no dia 03 de julho de 2020, às 16 horas, por meio de videoconferência na plataforma *Google Meet*. Nessa palestra foram trabalhados os modelos clássicos dos gregos, enfatizando o modelo de Ptolomeu. A seguir, apresentou-se o modelo heliocêntrico de Copérnico, as Leis de Kepler e as evidências experimentais que fundamentaram o sistema heliocêntrico. Finalizou-se o encontro abordando as leis do movimento e a lei da gravitação universal de Newton, resolvendo o problema de dois corpos através do potencial efetivo.

O princípio mais geral vigente em toda a educação é a gradação dos objetivos e conteúdos curriculares e sua adaptação ao desenvolvimento psicobiológico dos estudantes de

tal forma que exista uma sincronia entre as exigências do currículo e as capacidades de aprendizagem da maioria dos estudantes (VAZQUEZ, *et al.*, 2008, p. 46)

Assim, a BNCC preconiza as 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. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade. Explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, dentre outras experiências, maior valorização das plurais formas de conceber o mundo.

Na Figura 20, verifica-se o professor Doutor Antonio Pinto Neto apresentando sua palestra.

Figura 20 - Palestra sobre Astronomia



Fonte: O autor.

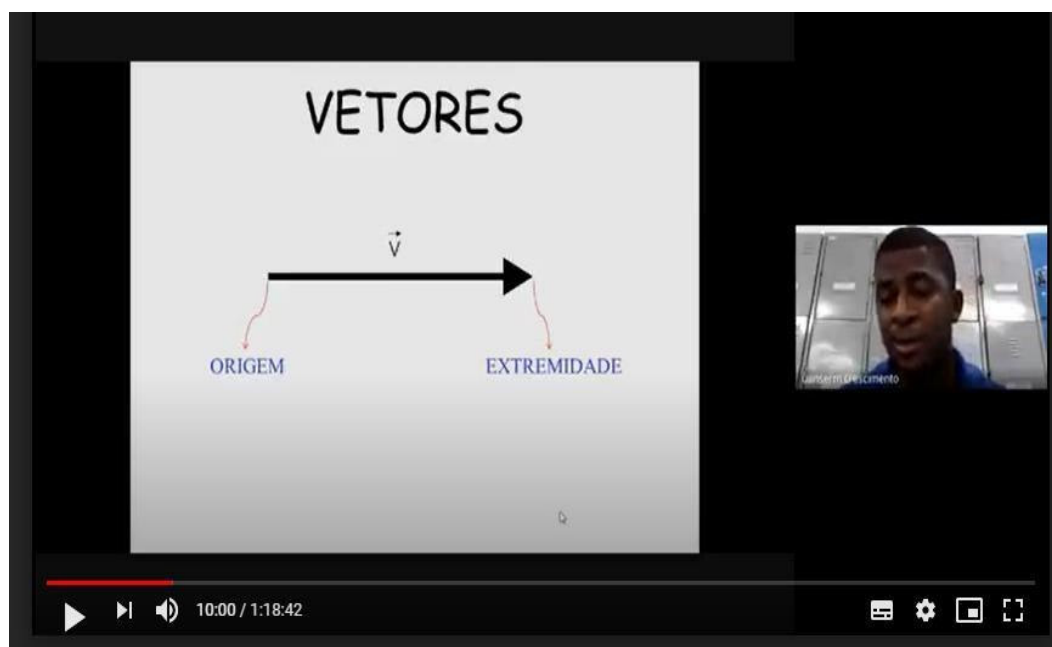
6ª Etapa - Aula sobre Fundamentação Vetorial

No dia 14 de agosto de 2020, às 16 horas, foi ministrada uma aula (via plataforma do Google Meet) a respeito das propriedades vetoriais e a introdução dos conceitos físicos tais como: momento linear, momento angular e torque.

O desenvolvimento desta aula foi uma preparação dos alunos para compreenderem o envolvimento da Física por trás dos lançamentos dos foguetes, assunto esse

de muita importância para etapas subsequentes deste projeto, conforme observa-se na Figura 21.

Figura 21 - Aula sobre Fundamentação Vetorial



Fonte: o autor.

7ª Etapa - Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes

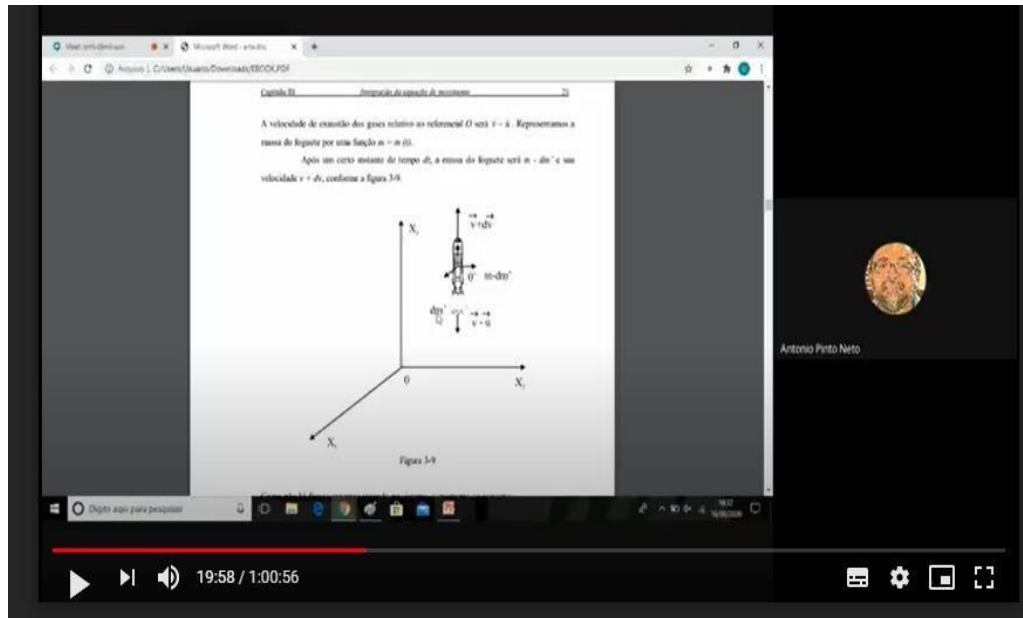
A evolução desta etapa iniciou-se com a palestra ministrada na plataforma do *Google Meet*, no dia 19 de agosto de 2020, às 16 horas, pelo professor Dr. Antonio Pinto Neto, onde foram apresentados os princípios físicos envolvidos na Dinâmica dos Foguetes.

Nesta etapa, o palestrante apresentou um sistema de massa variável como mecanismo físico responsável pela propulsão de foguetes e modelou-os para os casos com e sem gravidade.

Deve-se salientar que o modelamento matemático de sistemas físicos é de fundamental importância no entendimento da física. Para Boyer (2006), sem a matemática, não poderia haver Astronomia. A influência da Matemática na Astronomia (e vice-versa) pode ser observada nos conteúdos mais simples como, por exemplo, na Geometria e Trigonometria, as quais estão profundamente atreladas aos estudos da Astronomia, empregando semelhanças de triângulos e relações métricas do triângulo retângulo, podendo prever determinados fenômenos como eclipses.

Seguindo essa analogia, foi introduzida a formulação matemática necessária à compreensão da dinâmica orbital de foguetes, conforme pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes



Fonte: O autor.

8ª Etapa - Avaliação e Ajustes dos Protótipos de Foguetes

De acordo com os protótipos desenvolvidos pelos alunos solicitados na 4ª etapa, chega-se a hora de avaliar e realizar ajustes com bases nas orientações do mediador. No entanto, devido à pandemia do novo coronavírus, houve uma adequação na quantidade de participantes, em que somente três alunos por turma foram escolhidos, assim totalizando 18 (dezoito) alunos participantes nas 8ª e 9ª etapas. No desenvolvimento da etapa foram apresentados conceitos, concepções e fundamentações para uma boa evolução dos protótipos dos foguetes, em que os alunos deveriam tirar dúvidas junto ao mediador para aprimorar suas construções dentro laboratório de Ciência da escola, conforme apresenta a Figuras 23 e 24.

Figura 23 - Oficina de Foguetes 01



Fonte: O autor.

Deve-se observar nesta etapa presencial que todos os protocolos de prevenção da Covid 19 foram utilizados.

Figura 24 – Oficina de Foguetes 02



Fonte: O autor.

Na Figura 25, mostra-se o protótipo construído pelos alunos sob a orientação do professor mediador. Foi observado nessa etapa um grande interesse dos alunos pela confecção do foguete, comprovando assim a satisfação de terem o construído e adquirido na prática o domínio sobre o tema, em conformidade com as diretrizes da BNCC.

Figura 25 - Oficina de Foguetes 03

Fonte: O autor.

9ª Etapa - Lançamento dos Foguetes

O lançamento dos foguetes ocorreu no dia 05 de setembro de 2020, às 8 horas, no espaço ao ar livre do Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças (CFAP), pertencente à Polícia Militar do Maranhão. Como este projeto é desenvolvido dentro de uma escola militar, Colégio Militar Tiradentes I, foi permitido o uso desta área restrita para a aplicação e desenvolvimento do projeto.

Para garantir a participação efetiva dos alunos, foi enviado aos pais e/ou responsáveis uma autorização para que estes pudessem participar do lançamento dos foguetes, bem como se deslocarem até o Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças (CFAP) para a aplicação da etapa.

Após a chegada dos alunos participantes ao local, as instruções iniciais foram repassadas através do professor mediador, na qual esteve orientando em todo o processo do lançamento. A primeira orientação foi sobre o abastecimento de foguete, ação esta cujo os alunos introduziram no foguete de garrafa PET os produtos necessários para a reação química responsável pela propulsão.

Utilizou-se vinagre da marca Minhoto, com aroma natural de limão, e bicarbonato de sódio da marca Mariza *Foods* como combustível. O abastecimento do foguete foi feito da seguinte forma: colocou-se 100 g de bicarbonato de sódio diretamente na garrafa 01, que forma o corpo do foguete. No **APÊNDICE B** mostra-se a confecção do foguete. Em seguida, introduziu-se o balão à garrafa, fixando a boca do balão na boca da garrafa, de modo que o

corpo do balão ficará dentro da garrafa. Colocou-se 1,5 l de vinagre dentro do balão dando um nó na boca do balão de modo que, ao ser abandonado dentro da garrafa, não houvesse mistura entre o vinagre e o bicarbonato. A Figura 26 ilustra os alunos abastecendo o foguete produzido por eles.

Figura 26 - Abastecimento de Foguete



Fonte: O autor.

Logo após o abastecimento, os alunos receberam orientações sobre o acoplamento do foguete na base de lançamento e como proceder para fazer a reação química necessária para o lançamento deste, reação essa que ocorre devido à rotação de um engate localizado no cano da base do foguete que prende o balão. Tal procedimento rasga o balão fazendo com que os produtos se misturem de modo a propiciar a reação química. O procedimento pode ser acessado clicando [aqui](#). No **APÊNDICE C** mostra-se como construir a base e fazer o acoplamento entre o foguete e a base e as explicações necessárias para que ocorra a mistura química entre os combustíveis. A Figura 27 mostra os alunos fazendo o acoplamento do foguete na base.

Figura 27 - Acoplamento de Foguete na Base



Fonte: O autor.

Antes do lançamento, o professor mediador fez uma explanação aos alunos sobre a maneira correta e segura para o acionamento do gatilho de ignição. A Figura 28 mostra a partida do foguete.

Figura 28 - Ignição do Gatilho



Fonte: O autor.

No momento do lançamento colocou-se uma câmera para filmar a trajetória dos foguetes durante todo o seu percurso, desde o seu lançamento até a sua chegada ao solo. Para avaliar os lançamentos realizados e para modelar os foguetes lançados, foram utilizados esses vídeos no Aplicativo *Tracker*.

Na Figura 29, tem-se a concretização do lançamento do foguete, objetivo final dessa etapa.

Figura 29 - Finalização do Lançamento



Fonte: O autor.

10ª Etapa - Modelagem dos lançamentos pelo *Tracker*

O *Tracker* é um *software* livre de análise de vídeo e modelagem desenvolvido para o ensino de Física, sendo uma ferramenta computacional auxiliar na aquisição de dados como tempo, posição, velocidade, aceleração, temperatura, pressão, entre outros. Nesse ambiente podemos modelar sistemas físicos reais. Em nosso caso, utilizou-se a gravação de vídeo para servir no modelamento do lançamento do nosso foguete de garrafa pet.

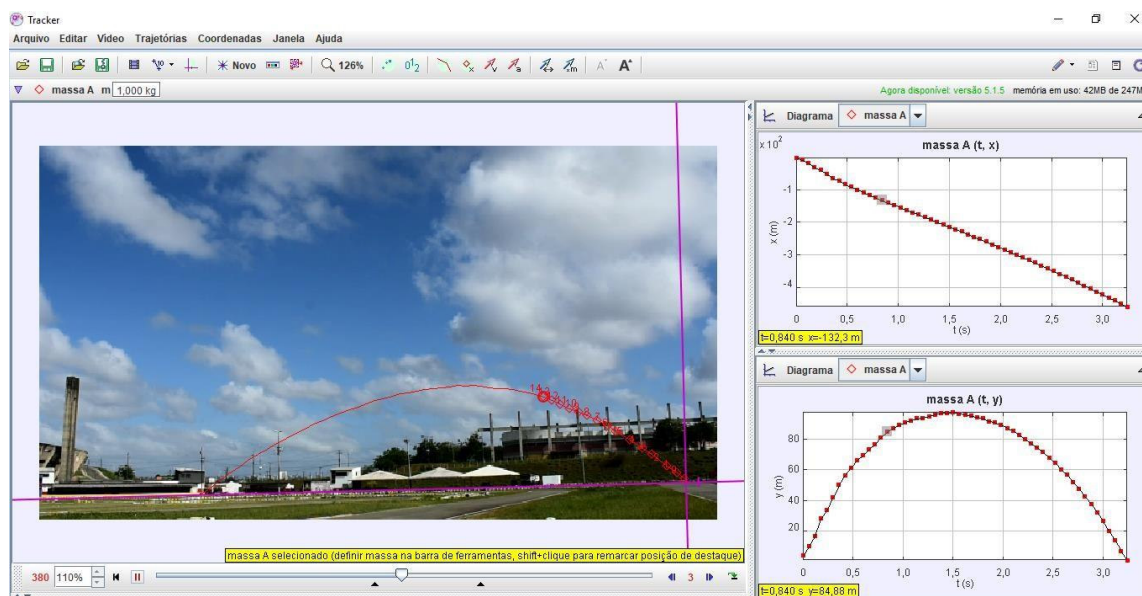
Veit (2005) alude que o uso do computador pode beneficiar o enriquecimento da aprendizagem, proporcionando aos alunos múltiplas ferramentas para promover o entendimento dos temas estudados.* Trata-se de coletar dados que seriam impraticáveis manualmente, aumentando a exatidão das informações coletadas, diminuindo o período de realização dos experimentos, deixando-os menos tediosos, de modo a proporcionar aos alunos maior liberdade e tempo, para que possam se dedicar a outras habilidades e competências.

O *Tracker* permite realizar a análise de vídeos sem a utilização de muitos cabos e circuitos eletrônicos, além de poder fornecer rastreios de objetos fornecendo a posição, velocidade e aceleração sobrepondo gráficos e filtros de efeitos especiais, pontos de

calibração, quadros de referência, perfis de linha para análise dos padrões de espectros e interferência, permitindo a modelagem do movimento de partículas.

No entanto, o *Tracker* foi utilizado como a principal ferramenta para analisar os movimentos dos foguetes tendo como objetivo possibilitar a modelagem dos foguetes e suas trajetórias por meio de filmagens feitas com câmeras digitais e aparelhos celulares. Na Figura 30 verifica-se a modelagem do lançamento utilizando o aplicativo *Tracker*.

Figura 30 - Modelagem dos Lançamentos



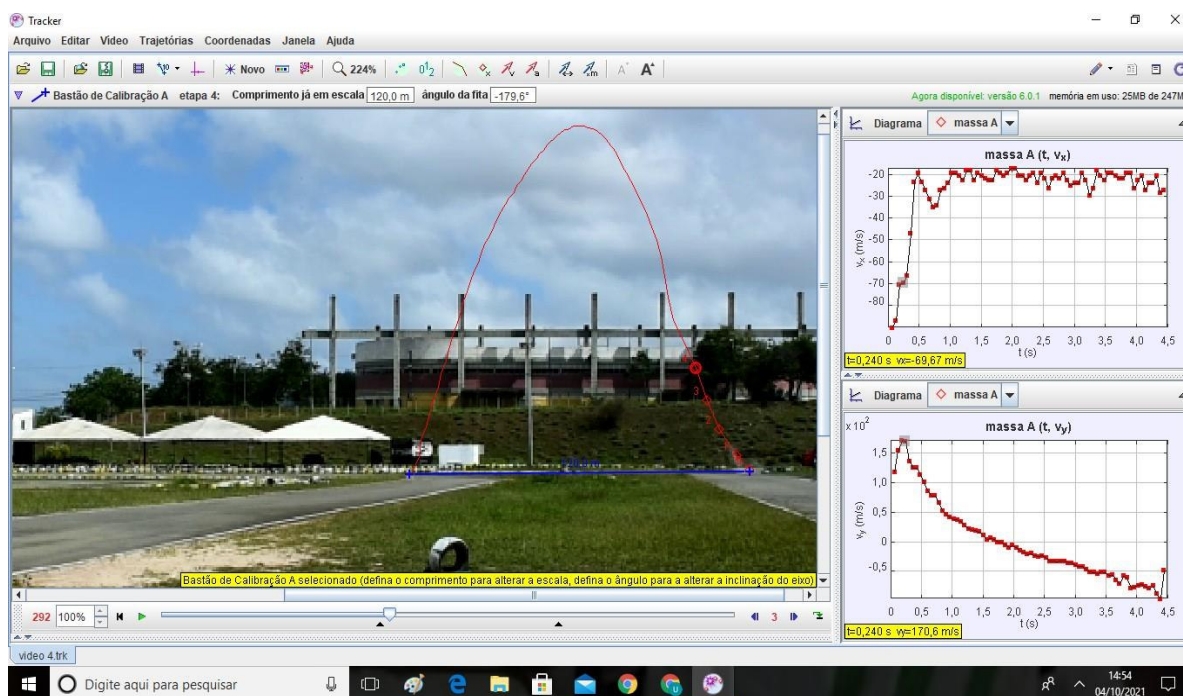
Fonte: O autor.

O *Tracker* pode desempenhar diferentes funções no processo de ensino aprendizagem, permitindo que os alunos acompanhem a evolução de grandezas físicas em tempo real, havendo a possibilidade de modelamento computacional de sistemas utilizando-se dados reais de observações. (BEZERRA JR, 2012).

Podemos observar que o sistema físico em estudo tem sua massa variável em razão da descarga contínua do seu combustível. Essa descarga faz com que o foguete seja impulsionado em sentido contrário ao deslocamento do combustível.

Utilizamos o programa *Tracker* para fazermos uma descrição do movimento. Na Figura 31 mostramos um foguete se deslocando com certa velocidade em relação à superfície da Terra, descarregando seu combustível a uma taxa variável, sob a ação da gravidade.

Figura 31 – Deslocamento do foguete



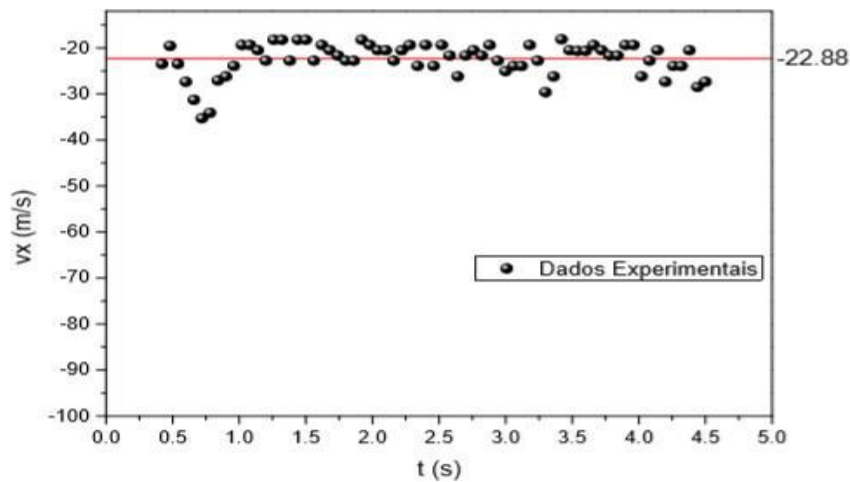
Fonte: O autor.

Podemos observar, na Figura 31, o gráfico em que se identificam dois regimes de movimento. No primeiro, temos o efeito do consumo do combustível que sai do corpo do foguete, devido à pressão causada pela reação química do bicarbonato com o vinagre. Após o término do combustível, o foguete continua o seu movimento devido a velocidade adquirida, descrevendo uma trajetória parabólica até atingir o solo a uma certa distância do ponto de lançamento. Em nosso lançamento, o ângulo utilizado foi de 45° , que possibilitaria o alcance máximo do foguete.

Em nossa análise, considerou-se apenas o movimento após o foguete alcançar a altura máxima. Isso permitiria que considerássemos apenas a cinemática do movimento.

Observando-se o Gráfico 1, que nos mostra a componente “x” da velocidade, verifica-se que, após a queima do combustível, tal componente adquire um movimento com velocidade praticamente constante, caracterizando com um movimento uniforme. Fazendo um ajuste pelo *Origin*, obtivemos um valor de velocidade para o eixo “x” de aproximadamente 22,88 m/s.

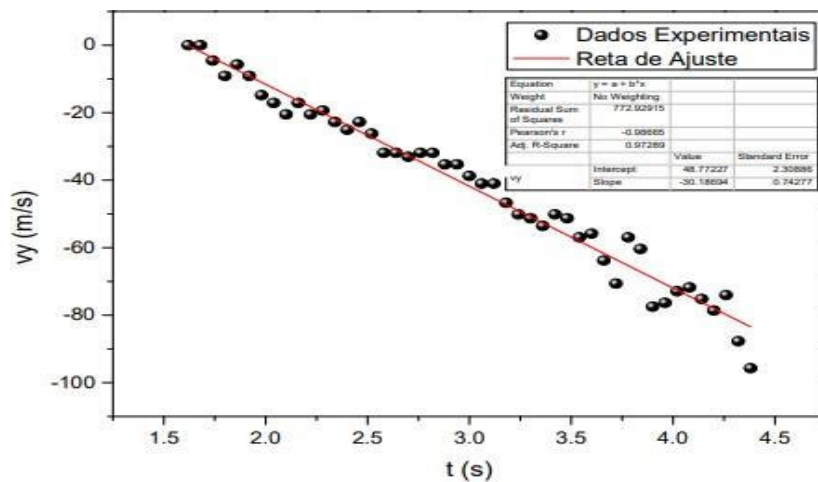
Gráfico 1 – Componente x da velocidade



Fonte: O autor.

Analisando o Gráfico 2, podemos observar que a velocidade da componente “y” do movimento está variando ao longo do tempo.

Gráfico 2 – Componente y da velocidade



Fonte: o autor.

Utilizando as equações da Cinemática, podemos definir as grandezas físicas relacionadas a esse movimento. Para calcular o tempo de descida do foguete podemos utilizar a equação do MRU.

$$X_{max} = v_x \cdot T \quad (1C)$$

$$T = \frac{K_{max}}{v_x}$$

Considerando o tempo de descida $t = \frac{T}{2}$, temos então $T = 2 \cdot t$

$$2. t = \frac{K_{max}}{v_x}$$

$$2. t = \frac{120}{22,88}$$

$$t = \frac{120}{22,88.2}$$

$$t = \frac{120}{45,76}$$

$$t = 2,62s, \text{ aproximadamente.}$$

Sabendo que o movimento do foguete para o eixo “y” é variado, utilizamos a equação da velocidade para o MRUV, com o objetivo de calcular a componente da velocidade v_y quando a partícula chega ao solo,

$$v_y = v_{0y} - g \cdot t \quad (2C)$$

$$0 = v_{0y} - g \cdot t$$

$$-v_{0y} = -g \cdot t$$

$$v_{0y} = g \cdot t$$

$$v_{0y} = 9,8.2,62$$

$$v_{0y} = 25,676 \text{ m/s}$$

Considerando que o efeito de queima do combustível seja de apenas dar certa velocidade inicial, isto é, considerando apenas o efeito cinemático para o sistema, podemos observar que v_x é aproximadamente igual ao v_{0y} , validando que o ângulo de lançamento é 45° , pois para esse ângulo, v_{0y} seria aproximadamente v_x .

Para o cálculo do valor da velocidade de lançamento v_o , podemos considerar que este valor seria igual à velocidade com que a partícula chega ao solo. Sendo assim, podemos utilizar a equação

$$v_o = \sqrt{v_{0y}^2 + v_x^2} \quad (3C)$$

$$v_o = \sqrt{25,676^2 + 22,88^2}$$

$$v_o = \sqrt{659,26 + 523,49}$$

$$v_o = \sqrt{1182,7544}$$

$$v_o = 34,39 \text{ m/s}$$

Podemos calcular o valor do ângulo θ de lançamento do foguete, utilizando a equação do alcance máximo.

$$x_{max} = \frac{\text{sen } 2\theta v_0^2}{g} \quad (4C)$$

$$120 = \frac{\text{sen } 2\theta \cdot (34,39)^2}{9,8}$$

$$\text{sen } 2\theta = \frac{1176}{1182,6721}$$

$$\text{sen } 2\theta = 0,994$$

Considerando $\text{sen } 2\theta \simeq 1,0$, então

$$\theta = 45^\circ$$

Para o cálculo da altura máxima, nossos resultados têm um erro tão grande que não pode ser explicado pelos efeitos não considerados em nossas aproximações.

Para nos certificar que o aplicativo *Tracker* nos proporciona uma boa análise de lançamentos oblíquos, fizemos um lançamento utilizando uma bola de basquete.

Na Figura 32, observamos o lançamento oblíquo de uma bola de basquete. Foi dada ao programa a escala do sistema, medido pela altura do aluno.

Figura 32 – Lançamento oblíquo

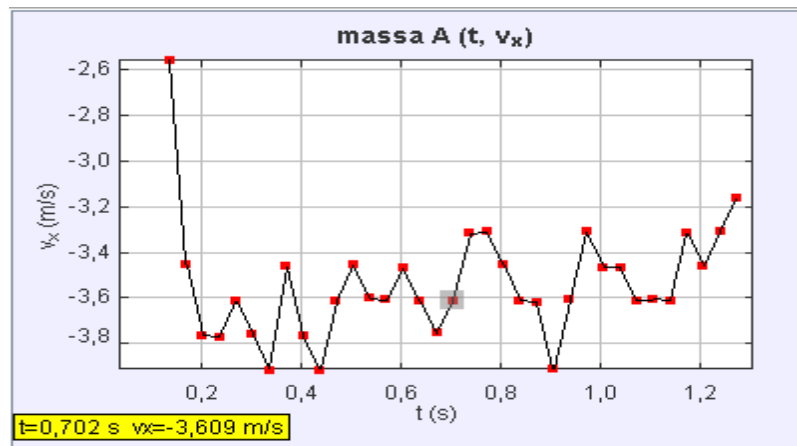


Fonte: O autor.

Podemos observar que a trajetória do eixo “x” é uma reta, caracterizando um movimento uniforme com velocidade constante. Agora para o eixo “y” a trajetória se assemelha a uma parábola, que caracterizaria um movimento uniformemente variado.

Analisando o movimento no eixo “x” e considerando a velocidade no ponto mais alto da trajetória ($t=0,702$), observamos que a velocidade V_x é aproximadamente igual a 3,609 m/s, de acordo com o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Velocidade da componente x



Fonte: O autor.

Para calcular o alcance do foguete, podemos utilizar a equação do MRU.

$$X_{max} = v_x \cdot T \quad (5C)$$

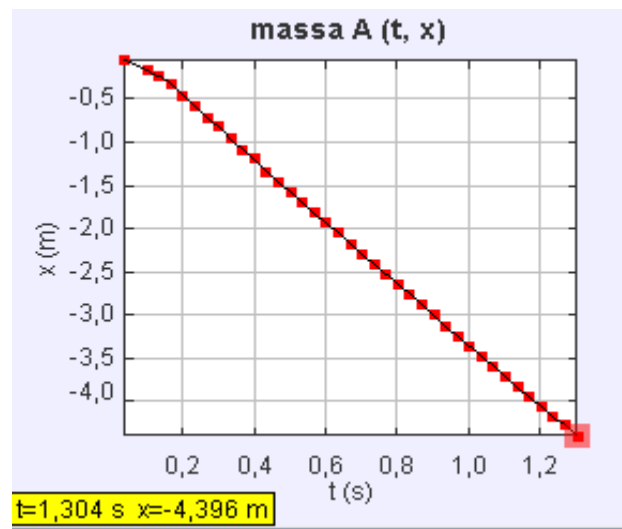
Sabendo que o tempo total para a realização do movimento é de 1,304 s (obtido pelo *Tracker*) podemos substituir esse valor na equação

$$X_{max} = 3,609 \times 1,304$$

$$X_{max} = 4,706 \text{ m}$$

Tal valor tem certa discrepância com o obtido pelo *Tracker* (4,396 m). Veja o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Alcance máximo



Fonte: O autor.

Para o cálculo da altura máxima, utilizamos o tempo de descida obtido pelo *Tracker*, que é de aproximadamente 0,602 s:

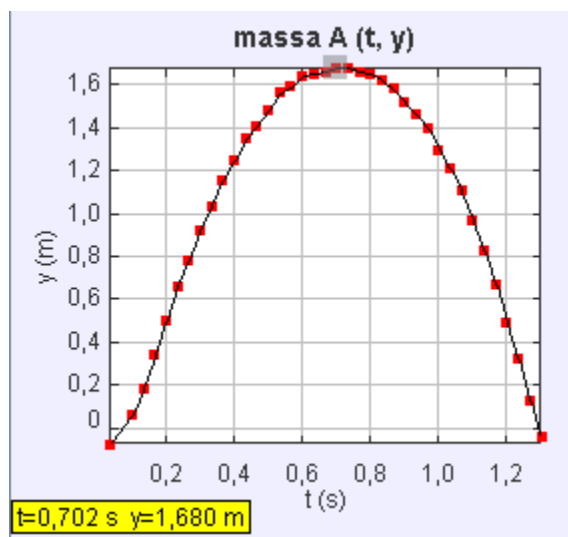
$$h = \frac{gxt^2}{2} \quad (6C)$$

$$h = \frac{9,8x(0,602)^2}{2}$$

$$h = 1,775 \text{ m}$$

Observando a altura máxima dada pelo aplicativo *Tracker* (1,680 m), mostrado no Gráfico 5, verificamos que a altura máxima tem uma pequena discrepância em relação ao resultado calculado.

Gráfico 5 – Altura máxima



Fonte: O autor.

Considerando os resultados obtidos, podemos concluir que o *Tracker* é um bom programa de análise qualitativa sobre o lançamento oblíquo. Entretanto, mesmo em situações em que a maioria das interferências serão minimizadas, seus resultados quantitativos ficam aquém do desejado.

Esse resultado nos mostra que apesar do *Tracker* ser uma ferramenta muito útil para estudarmos o lançamento de foguetes, seus resultados quantitativos não são precisos. Entretanto, deve-se ressaltar que interferências e/ou efeitos não considerados no lançamento de foguetes de garrafa PET, como a variação da massa, atrito do ar, estabilidade do foguete durante o voo, etc. não foram considerados em nosso modelo.

11ª Etapa - Formulário de Avaliação do Projeto

Para avaliar o projeto, foi aplicado um questionário no dia 06 de novembro de 2020, disponibilizado via *Google Classroom* (APÊNDICE D), com o objetivo de analisar as respostas dos 81 alunos que participaram do questionário:

8 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, analisaremos as respostas compiladas dos alunos quanto aos questionários aplicados para avaliar o nível de conhecimento acerca do assunto e também para avaliar a eficácia da proposta pedagógica aplicada.

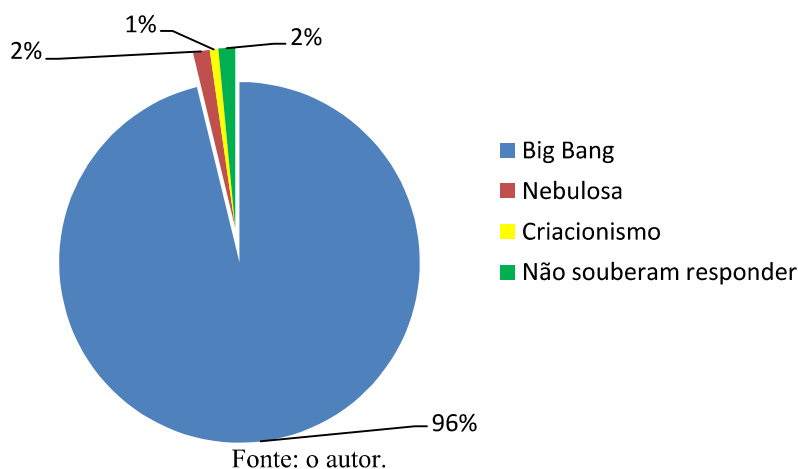
8.1 QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Para identificar o que os estudantes já conheciam sobre Astronomia, elaborou-se um questionário prévio com seis questões (Apêndice C), aplicados via *Google Forms*. A seguir discutiremos as perguntas elaboradas e as respostas obtidas no questionário.

Na primeira questão foi perguntado sobre a Origem do Universo. 95% dos alunos que participaram da pesquisa associaram a origem do Universo à teoria do *Big Bang*; 2% relacionaram suas respostas com a existência de poeira e gás; 2% "Não souberam responder" e 1% das respostas relacionou às teorias criacionistas como mostra o Gráfico 1. Assim conclui-se que a maioria dos participantes acredita na teoria do *Big Bang*, pois apenas 5% relacionaram outras teorias como a criacionista ou não responderam.

Desta forma, verificou-se que a grande maioria possui um conhecimento científico prévio acerca da origem do universo, visto que a Teoria do *Big Bang* é a teoria mais aceita para a explicação do surgimento do universo.

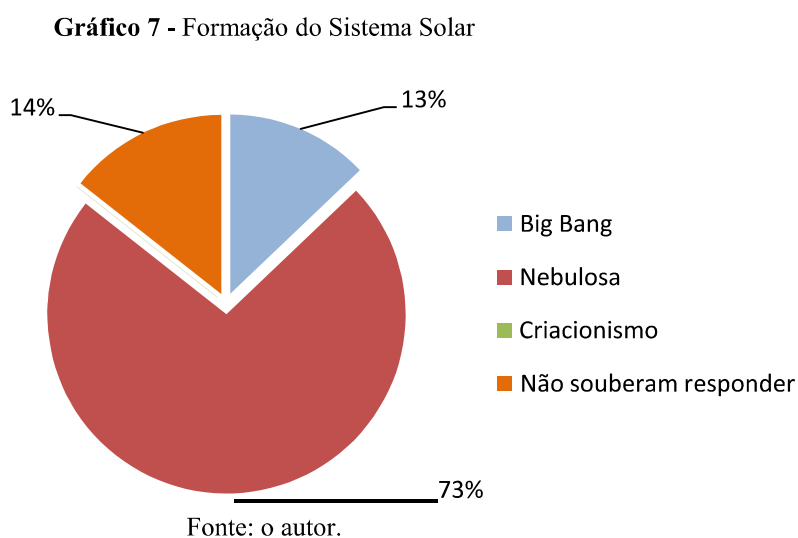
Gráfico 6 - Origem científica do Universo



Frazão (2020) acentua que para que possamos entender as teorias científicas sobre a Origem, precisa-se primeiramente entender Ciência como o conhecimento adquirido através

do estudo ou da prática que comporta vários conjuntos de saberes nos quais são elaboradas as suas teorias. Assim, tais teorias não são únicas e nem necessariamente verdadeiras, uma vez que cada uma delas foram elaboradas a partir de métodos científicos distintos.

Quando perguntados sobre a formação do Sistema Solar, 73% dos entrevistados apontam a teoria da "Nebulosa Planetária" como responsável pelo Sistema Solar, seguidos dos alunos que responderam a teoria do *Big Bang*, com 13%, e 14% que não souberam responder. No Gráfico 7 apresentamos essas respostas.



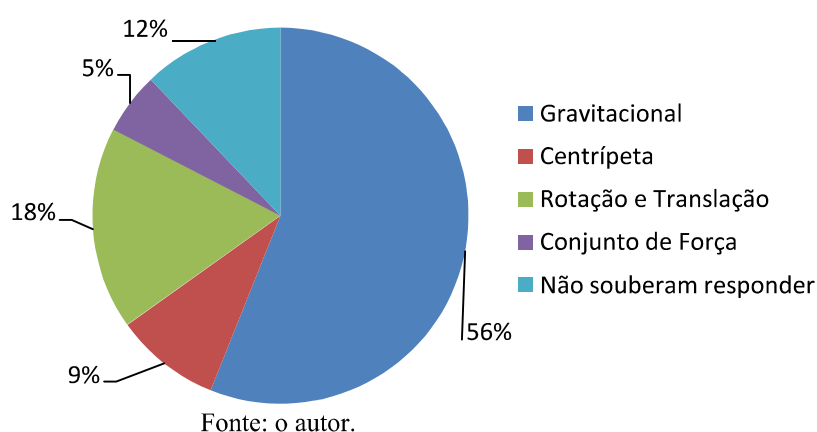
Desta forma, observa-se que a maioria possui algum conhecimento científico sobre a origem do Sistema Solar, apesar da confusão entre a origem do Universo e a origem do Sistema Solar. Causa estranheza o percentual de alunos que não souberam responder à pergunta, pois o assunto faz parte do componente curricular abordado no 6º ano. Contudo, ressalta-se que às vezes na tentativa de explicar determinados fenômenos da natureza, o sujeito, seja ele o aluno ou em alguns casos o professor, fórmula algumas ideias que nem sempre estão em conformidade com o conhecimento científico (LANGHI, 2004).

No tópico sobre as forças que atuam para garantir a estabilidade no movimento dos planetas em torno do Sol, 56% dos entrevistados responderam corretamente (força gravitacional); 9%, força centrípeta e 5% disseram ser um conjunto de forças (força gravitacional e força centrípeta). Tendo ainda 18% dos alunos respondendo que essas forças são causadas pelos movimentos da Terra (Rotação, Translação, Nutação e Precessão); e, por último, 12% dos alunos não souberam responder.

Assim, observa-se que a maioria dos alunos possui um conhecimento satisfatório sobre as forças que atuam de modo a garantir a estabilidade do movimento dos planetas em torno do Sol.

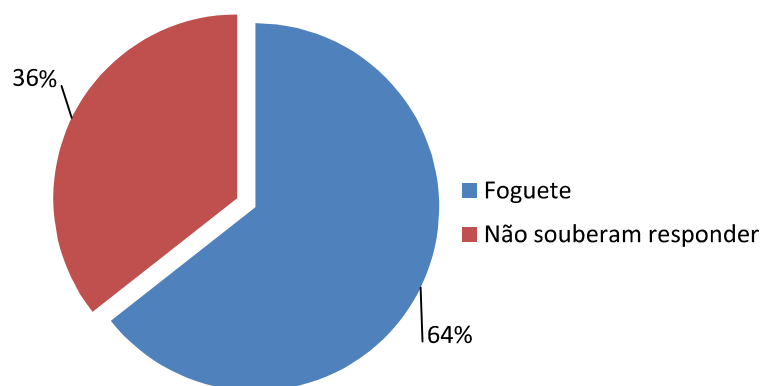
Sublinha-se que 14% dos alunos confundem a atuação da força gravitacional como uma força centrípeta. Tem-se ainda um percentual significativo que respondeu de forma errada, já que, confundiram a origem do movimento com o próprio movimento. E entre os entrevistados, 12% não souberam responder a pergunta, como descrito no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Forças Resultantes



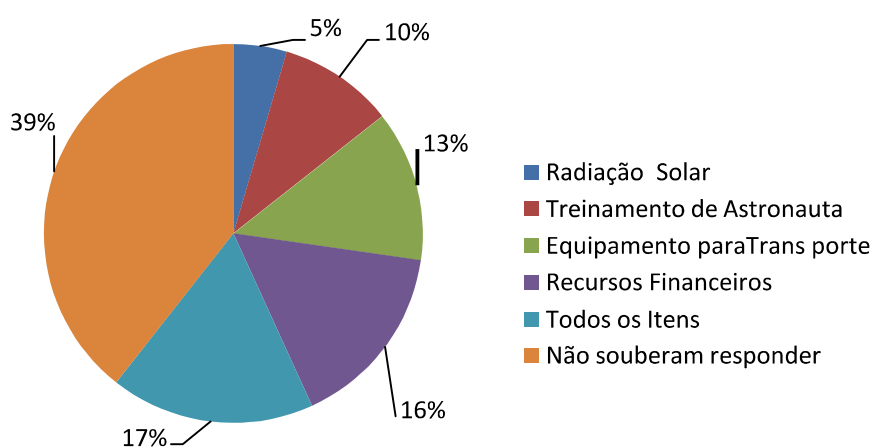
Ressalta-se que os PCNs (BRASIL, 1998) definem que, no terceiro ciclo, os eixos temáticos devem ampliar a orientação espaço-temporal do aluno, a conscientização dos ritmos de vida, e propõe a elaboração de uma concepção do Universo, com especial enfoque no Sistema Terra – Sol – Lua, em que se faz necessário privilegiar atividades de observação e dar tempo para os alunos elaborarem suas próprias explicações. Assim, verifica-se que apesar da maioria dos alunos demonstrarem conhecimento sobre as forças que atuam para manter o sistema em equilíbrio, causa preocupação o grande contingente que não sabe responder ou responde de forma confusa.

No que se refere aos procedimentos a serem adotados para colocar um satélite em órbita e aos principais problemas a serem enfrentados, 64% responderam que os "Foguetes" colocam os satélites em órbita e 36% "Não souberam responder". Como pode ser visualizado no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Satélite em Órbita

Fonte: o autor.

Pontua-se que, entre os que responderam de maneira correta, a maioria apontou problemas como: radiação, combustível, alimentação, saúde, comunicação, oxigênio, etc. É notório o quantitativo de alunos que não souberam responder a pergunta, o correspondente a 36%. No quesito sobre viagem espacial da Terra a Marte, apontando os procedimentos e os principais problemas a serem enfrentados, 39% dos alunos "Não souberam responder"; 16% responderam "Recursos Financeiros"; 13% relacionaram aos "Equipamentos para Transporte"; 10%, "Treinamento de Astronautas"; 5%, "Radiação Solar"; e 17%, "Todos os itens descritos", como representado no conforme Gráfico 10.

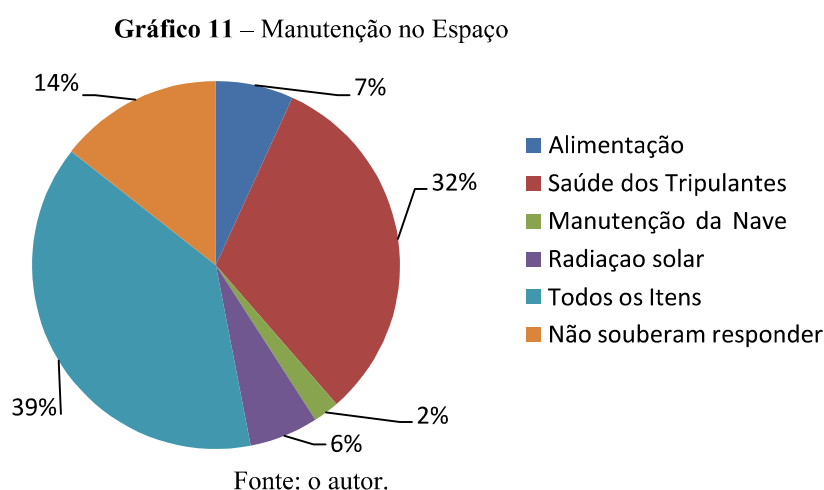
Gráfico 10 - Viagem Espacial

Fonte: o autor.

Diante destes resultados, nota-se que boa parte dos alunos não possui conhecimentos aeroespaciais necessários para responder de forma completa a questão. Apesar de suas respostas estarem dentro do contexto de viagens espaciais, nota-se nesse quesito que

mais da metade dos alunos não demonstraram conhecimento sobre viagem espacial e os problemas que poderão surgir, demonstrando que ocorreu ausência de conteúdo teórico.

Quando perguntados sobre a durabilidade da viagem espacial e sobre os principais problemas a serem considerados, 39% dos participantes citaram como problemas fundamentais para a manutenção dos tripulantes em uma viagem espacial longa: Alimentação, Saúde dos tripulantes, Manutenção da nave, Radiação solar e Comunicação, entre outros. Porém, 14% dos participantes "Não souberam responder"; 32% responderam somente "Saúde dos tripulantes"; 7%, "Alimentação"; 6% "Radiação solar e 2% "Manutenção da nave", conforme pode ser observado no Gráfico 11.

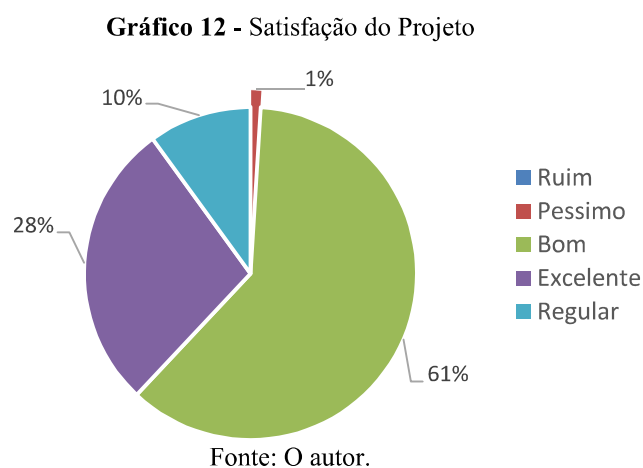


De forma geral, as respostas são pertinentes. Observa-se também que os alunos que declararam não saber responder a pergunta (14%) são os mesmos que se declararam não saber responder em todas as perguntas do questionário. Tal dificuldade pode ser ocasionada pela falta de inserção do ensino de Astronomia no ensino fundamental, por considerar que tais conteúdos fazem parte da realidade distante do mundo, tanto para alunos quanto para professores. Deve-se destacar a falta de aceitação de propostas de ensino da Astronomia dentro da grade curricular de ensino. Mesmo a utilização da Astronomia como tema transversal, não encontra ressonância nos livros didáticos, nem na alocação de tempo necessário para desenvolver tal temática (LANGHI; NARDI, 2005).

8.2 FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO

Com o intuito de medir a eficácia da aplicação da SD, aplicamos um questionário com 10 questões que se encontram no logo após a execução das práticas aplicadas etapa por etapa (Apêndice D).

Na primeira questão, os alunos foram perguntados sobre o nível de satisfação com o projeto. Destes, 61% declararam como "bom"; 28% consideraram "excelente"; 10% apontaram como "regular"; e 1% apontou como péssimo. Assim, conclui-se que o projeto foi satisfatório para a maioria, como ilustrado o Gráfico 12.

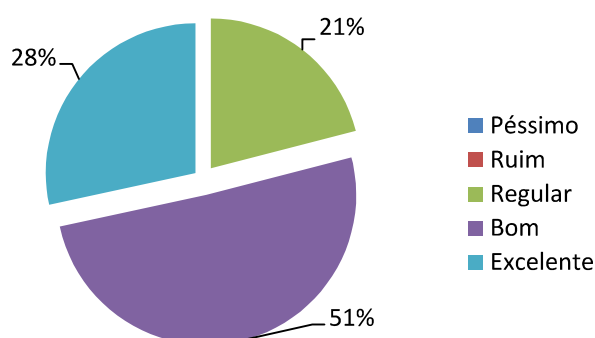


Assim menciona-se Machado (1997, p. 63) quando ele diz que o projeto é “Como esboço, desenho, guia de imaginação ou semente da ação, um projeto significa sempre uma antecipação, uma referência ao futuro”. O projeto propicia a conexão entre as áreas do conhecimento, colaborando para que a aprendizagem seja significativa.

De acordo com Nogueira (2008, p.53), afirmar que “Se o professor pretende que os alunos continuem sendo eternos aprendizes, precisa instrumentalizá-los com procedimentos que coloquem à prova e desenvolvam sua capacidade de autonomia, e os projetos parecem também ser meios para isso”. Desta maneira, a utilização de projetos propicia uma conexão prática-teoria em que o aluno torna-se protagonista da aprendizagem.

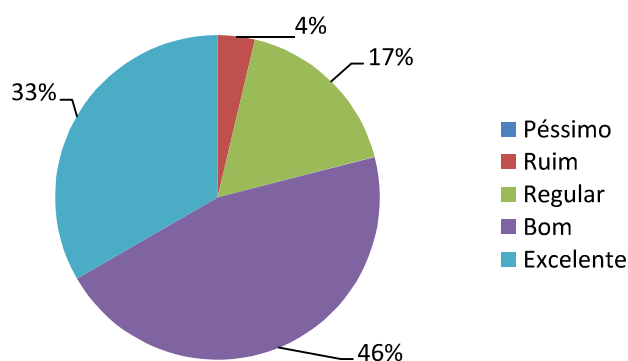
Em seguida os alunos foram questionados sobre o desenvolvimento do projeto pelo professor mediador sendo abordado o tempo de duração: do projeto, de cada uma das etapas; os temas abordados, os conteúdos ministrados; e as metodologias utilizadas.

Para o tempo de duração do projeto, 51% dos alunos classificaram o tempo do projeto como “bom”; 28% como “excelente”; e 21% como “regular”. Destaca-se que não houve nenhum registro para “péssimo” e “ruim” conforme descrito no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Tempo de Duração do Projeto Desenvolvido pelo Professor

Fonte: o autor.

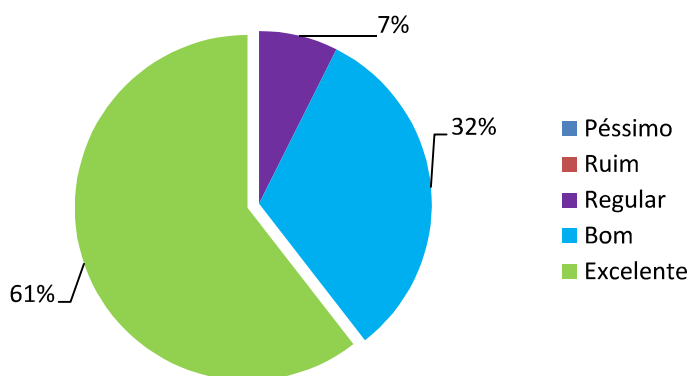
Para a duração das etapas, 46% dos alunos destacaram como “bom” e 33% como “excelente”, 17% de modo “regular” e 4% “ruim”. Não tendo nenhum registro de “pésimo”, como representando no Gráfico 14.

Gráfico 14 - Duração das Etapas

Fonte: o autor.

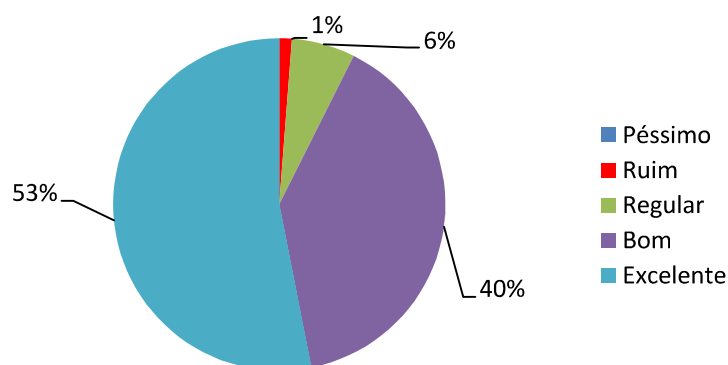
Cunha (1989) menciona que o professor e aluno, juntos, criam um vínculo que permite que a aprendizagem aconteça a partir das trocas de ideias, das propostas que surgem da mediação a cada etapa e evolução do aluno, possibilitando que o conhecimento circule. A adequação do tempo a cada etapa do projeto é fundamental para que tais condições sejam alcançadas.

Sobre os temas abordados no projeto: 61% dos alunos destacaram como “excelente”; 32% como “bom” e 7% como “regular”. Não houve registros para “pésimo” e “ruim” como representado no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Temas Abordados

Fonte: O autor.

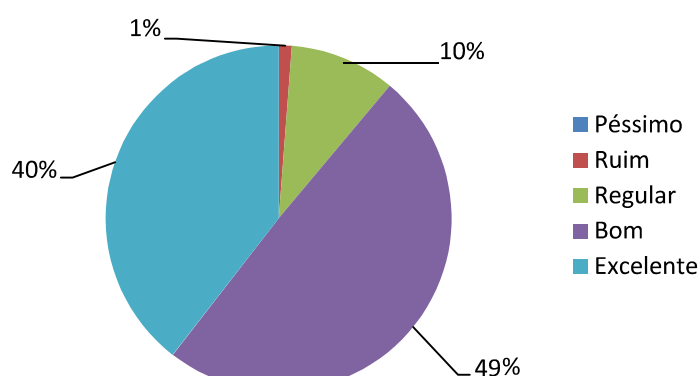
Quanto aos conteúdos ministrados no projeto: 53% dos alunos destacaram como “excelente”; e 40% como “bom”; 6% “regular”; e 1% “ruim”. Não houve avaliação “péssimo”; como está representado no Gráfico 16.

Gráfico 16 - Conteúdos Ministrados

Fonte: o autor.

Segundo Edgar Morin (2000), o paradigma sustenta o princípio do saber do conhecimento em relação ao ser humano valorizando a sua proatividade, criatividade, complementaridade, convergência e complexidade. Essa concepção valoriza a capacidade de aplicar o conhecimento de forma prática e crítica, de modo a construir seu próprio conhecimento baseado nos paradigmas vigentes. Nossa abordagem utiliza-se desses conceitos, principalmente no que se refere à participação ativa no aprendizado.

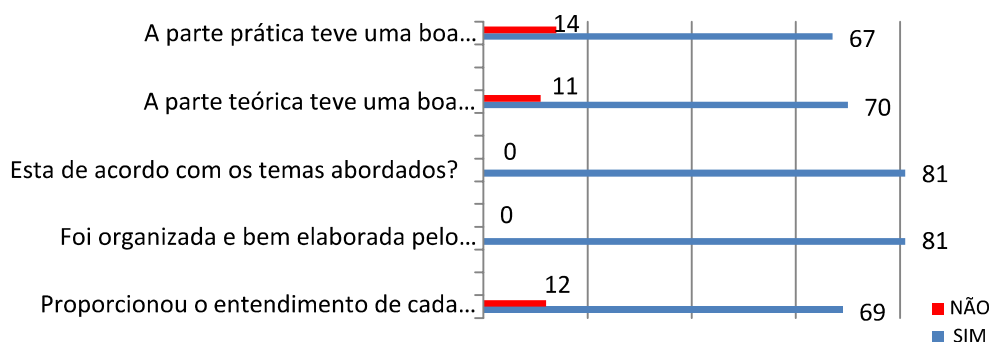
Para a metodologia utilizada pelo professor nas etapas, 49% dos alunos consideram “bom”; 40% definiram como “excelente”; 10% “regular” e 1% dos alunos apontaram como “ruim”, não houve nenhuns dados registrados para "péssimo" esses resultados estão ilustrados no Gráfico 17.

Gráfico 17 - Metodologia Ministrada

Fonte: o autor.

Nikitiuk (2000, p. 75) diz que uma nova concepção de ensino está sendo esboçada. Fundamentada principalmente nas teorias de Piaget e Vygotsky, a concepção construtivista fornece subsídios para a superação das aulas expositivas como metodologia exclusiva, apontando caminhos para um ensino que estimule o desenvolvimento cognitivo dos alunos em direção a níveis qualitativamente superiores. Pelas respostas obtidas, percebe-se que houve uma compreensão, aceitação e aprovação da metodologia utilizada.

Os alunos foram questionados sobre a aplicação da sequência didática realizada pelo professor ao longo do projeto, destacando-se cinco parâmetros descritos no Gráfico 18.

Gráfico 18 - Sequência Didática desenvolvida

Fonte: O autor.

Observa-se que as estratégias e intervenções planejadas para o desenvolvimento do projeto obtiveram a aprovação da maioria dos alunos participantes, ou seja, a Sequência Didática foi eficaz, tendo sido aprovada pela maioria.

Verificou-se que um quantitativo médio de 15% não obteve uma compreensão dos temas abordados, tanto na parte teórica, tanto na parte experimental. Esse mesmo quantitativo

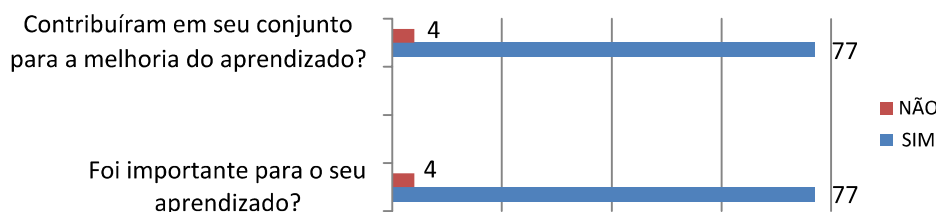
declarou no questionário de sondagem não entender de conhecimentos básicos de Astronomia. Para reverter esse cenário, faz-se necessário um acompanhamento mais individualizado com esses alunos. Devido à pandemia, tal procedimento ficou prejudicado, pois além da falta de atenção individualizada, a interação entre os próprios alunos contribuiu para a falta de efetividade dos procedimentos metodológicos utilizados.

Nikitiuk (2000) alude que ao participar de um projeto, o aluno está envolvido em uma experiência educativa em que o processo de construção de conhecimento está integrado às práticas vividas. A falta de interação contribuiu para diminuir a eficiência no processo de construção da aprendizagem.

Logo em seguida, os alunos avaliaram a prática e a teoria que o professor desenvolveu durante todo o projeto. O Gráfico 19 mostra que teoria e prática contribuíram de forma significativa para 95% dos alunos.

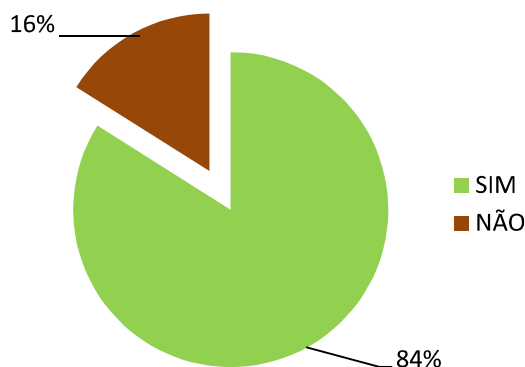
Moreira (2011), afirma que o acoplamento teoria e prática com a participação ativa dos alunos em todas as etapas: planejamento, execução e modelamento, proporcionou uma reconciliação integrativa levando o aluno a uma diferenciação progressiva.

Gráfico 19 - Teorias e Prática desenvolvidas



Fonte: O autor.

Apresenta-se, no Gráfico 20, o grau de satisfação com as estratégias utilizadas no desenvolvimento das atividades do projeto. Verifica-se que 84% dos alunos consideraram que as estratégias utilizadas foram empregadas adequadamente e 16% as consideraram inadequadas.

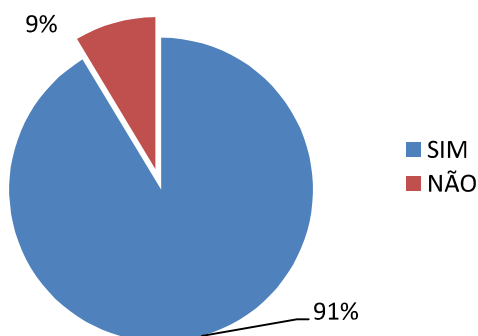
Gráfico 20 - Estratégias utilizadas para estímulos dos alunos

Fonte: O autor.

Schmiedecke *et al.* (2011) relata que a Sequência Didática utilizada como metodologia de ensino serve para ensinar os alunos a dominar um conteúdo conceitual de forma gradual, passo a passo. 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, quadros, gráficos, práticas de laboratórios simples e adequadas para serem realizadas em sala de aula com material de fácil manuseio.

Vale salientar que o percentual de desaprovação com as estratégias utilizadas é o mesmo percentual que consideraram ineficiente o processo aplicado. A ausência de um acompanhamento presencial contribuiu para consolidar esses resultados, com é possível verificar nos resultados dos Gráficos 18 e 20.

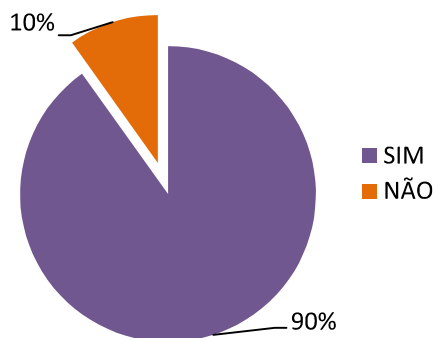
O questionário investigativo procurou também mensurar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o Sistema Solar. Neste item, 91% dos participantes apontam que o projeto contribuiu para uma melhor compreensão do Sistema Solar; e 9% negam que essa melhoria tenha ocorrido, conforme descrito no Gráfico 21.

Gráfico 21 - Compreensão científica dos alunos acerca do Sistema Solar

Fonte: O autor.

Os alunos também foram questionados sobre as adaptações nas metodologias e estratégias sofridas devido à pandemia do COVID-19. 90% dos alunos destacaram que o professor apresentou as melhores estratégias e metodologias para conduzir o projeto devido à pandemia, utilizando-se de meios digitais e tecnológicos para suprir a ausência de atividades presenciais; 10% consideraram as mudanças não adequadas, conforme descrito no Gráfico 22.

Gráfico 22 - Estratégias desenvolvidas durante a pandemia

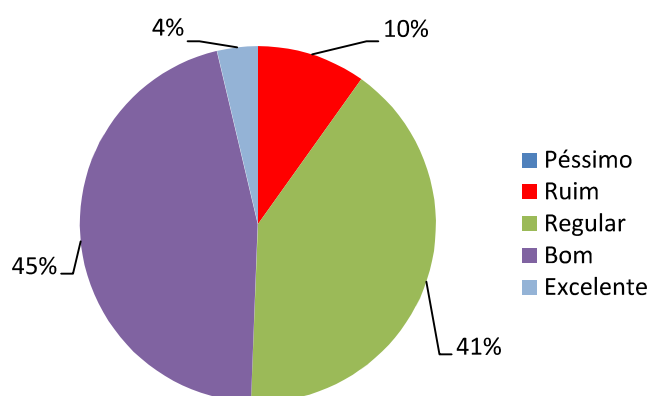


Fonte: O autor.

Comparando os resultados apresentados nos Gráficos 20 e 22, verifica-se que as estratégias utilizadas em função da pandemia foram consideradas eficientes.

As Sequências Didáticas são planejadas e desenvolvidas para a realização de determinados objetivos educacionais, com início e fim conhecidos tanto pelos professores, quanto pelos alunos (ZABALA, 1998). Assim, procurou-se adaptar a realidade dos alunos neste momento de pandemia, conversando sobre plataformas para as aulas, mensurando, assim, os meios para que todos tivessem acesso aos conteúdos.

Uma das questões abordou a autoavaliação do aluno. O Gráfico 23 mostra os resultados obtidos: 45% consideraram “bom” o seu nível de participação; 41% “regular”; 10% ruim e 4% “excelente”.

Gráfico 23 - Nível de participação do Projeto

Fonte: o autor.

Observa-se que o percentual de autoavaliação ruim de 10% é o mesmo que não aprovaram as estratégias utilizadas durante a pandemia.

Oliveira *et al* (2007, p. 448) afirma que a lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. Desta maneira, evidencia-se que uma Sequência Didática que traga inovações e o aluno como protagonista tende a assustar, a inibi-los em uma prática que ainda não faz parte de sua realidade. E este tende a se avaliar de maneira negativa, quanto ao ensino e aprendizagem em seu protagonismo. Isso justificaria o baixo percentual de excelente (4%) e um grande percentual de bom (45%) e regular (41%).

Tendo em vista o processo de melhoria do projeto, os alunos foram questionados sobre possíveis sugestões e adaptações a serem incorporadas na reformulação do projeto. No Quadro 2 foram apresentadas as sugestões mais relevantes.

Quadro 2 - Sugestões de melhorias para o Projeto

“Nada, eu gostei bastante do projeto e me ajudou muito com os assuntos do ensino médio”.
“No meio dos tempos os quais vivemos é difícil ter uma resposta sólida para isso já que maior parte dos problemas se deve às externalidades, não estando diretamente ligado ao projeto.”
“Uma preparação prévia antes de iniciar o projeto, já que são muitos alunos para apenas 1 professor e isso atrapalha um pouco o início. Um melhor monitoramento já que tem

muitos alunos e alguns fazem bastante barulho, além de usar outras maneiras de ensino, como mostrar um vídeo”.
“Acho que nas aulas presenciais deveríamos ter todo sábado, pois muitos esquecem o conteúdo por causa do tempo de separação entre uma aula e outra.”
“O projeto está ótimo professor.”
“Acho que o projeto não tem muitas coisas para melhorar, seria legal ter lista de exercícios para melhor aprofundamento.”
“Talvez proporcionar mais atividades práticas poderia efetivar mais ainda o processo de aprendizagem (não que o projeto já não proporcione).”
“Sinceramente a única coisa que poderia melhorar era se fosse presencial, mas infelizmente estamos em uma pandemia e isto não pode ser mudado.”
“Era uma sala muito grande e com muita gente então tinha um pouco de barulho o que dificultava entender 100% do que o professor falava, mas a explicação do professor era muito boa e ele abordava tudo com cuidado.”
“Só na parte das aulas da UFMA mais complexas que eu não consegui acompanhar, achei muito complexo e não entendi. Fora isso (que acho até normal) o projeto me ajudou muito, não tive boas aulas de física vindas diretamente da escola durante a pandemia, sei reconhecer uma boa aula e tenho um profundo respeito pelos professores, por isso sei que sem o projeto eu teria perdido meu 2020 ou parte dele buscando na internet sem rumo. Obrigada!”
“Não tenho críticas em relação ao projeto desenvolvido conosco. No meu ponto de vista, poderia ter mais de uma aula durante a semana.”
“Mais aula prática seria bem melhor para o desenvolvimento dos alunos.”
“Ótimo na medida do possível.”

Fonte: O autor.

Pela resposta dos alunos, podemos observar que o projeto teve êxito, pois a maioria respondeu de maneira positiva a essa pergunta.

Uma das reclamações recorrentes no projeto foi a grande quantidade de alunos nas salas de aula, antes da pandemia.

Devido à pandemia, as aulas presenciais foram substituídas em parte por aulas remotas. Com a mudança do cenário, os alunos em sua grande maioria sentiram dificuldades e

responderam que o projeto ficaria melhor com as aulas presenciais, pois teriam uma relação mais próxima com o professor e com a disciplina.

O projeto foi desenvolvido com uma carga horária mensal de 3h, sendo distribuídas aos sábados a cada 15 dias. Como sugestão de mudança no projeto feita pelos alunos, tem-se o aumento de 100% na carga horária. Tais mudanças fariam com que o conteúdo fosse ministrado de forma mais cadenciada, além de diminuir a dispersão causada pelo distanciamento entre aulas consecutivas.

Outro fator que influenciou de forma negativa o desenvolvimento do projeto foi a limitação do número de alunos participantes nas etapas da confecção e do lançamento dos foguetes de garrafa pet. Tais atividades constituíam-se no cerne das etapas práticas do projeto. Essa situação ocorreu devido aos critérios sanitários adotados pela escola no momento pandêmico.

O questionário também buscou compreender a importância das atividades desenvolvidas e sua relação com o maior engajamento no estudo da Física. No Quadro 3, listamos as sugestões mais representativas.

Quadro 3 - Engajamento e motivação para o estudo da Física

“Sim, com o projeto eu passei a entender mais a física e me dedicar mais.”
“Eu já tinha um gosto pela física, em especial na área de astrofísica, o projeto me serviu de mais motivação para seguir uma carreira ligada a isso e ter uma visão mais ampla do que eu devo esperar.”
“Sim. Porque as aulas tiveram um ótimo complemento para o meu aprendizado em relação a matéria física.”
“Sim, com esse projeto me deu uma base para os estudos de física e uma melhor compreensão do assunto que estão sendo abordados.”
“Sim, pois quanto mais escutamos sobre um assunto, mais queremos nos aprofundar nele.”
“Sim, pois mostra que a física não é nada de outro mundo, basta somente entender.”
“Sou uma grande apreciadora dessa área e gosto sempre de estar aprendendo cada vez mais, o projeto é um dos meios que eu encontro para explorar ainda mais esse universo.”
“Acabou me ajudando bastante no entendimento de assuntos que eu estava vendo na disciplina de física na grade normal escolar. Foi um incentivo para o estudo da matéria além de ser bem interessante.”
“Sim. Proporcionou conhecer mais sobre coisas que já sabíamos que existia, só que agora, tendo um sentido maior para nós, como o sistema solar, o foguete etc.”
“Sim, pois o conteúdo foi apresentado de forma simples e coerente, trazendo uma melhor compreensão da física.”

“Sim e não. A proposta do projeto é ótima e eu pude ampliar os meus conhecimentos, o que me ajudou bastante a entender a física estudada no 1º ano, toda via, quando o curso entrou na parte do sistema solar e de entender a sistemática dos foguetes, foram usadas linguagens e temas nos quais eu não conseguia entender de modo algum, pois estavam talvez "avançados" demais para mim, me gerando uma frustração e fazendo com que eu ficasse desmotivada para aprender.”

“Para mim foi muito difícil, porém eu poderia ter me esforçado mais”

“Não, mesmo o professor ministrando aula perfeitamente e sempre esperando nosso melhor, eu não consegui me interessar nessa matéria além do necessário.”

Fonte: O autor.

De modo geral, entre os participantes do projeto ocorreu uma maior motivação e engajamento no estudo da Física. Entretanto, alguns participantes reclamaram da dificuldade dos temas abordados durante o projeto. Outros citaram um baixo comprometimento com as atividades motivado pela dificuldade de execução.

Observa-se que o projeto desenvolvido teve uma boa aceitação por parte dos alunos. Mesmo com toda a problemática da pandemia e do ensino remoto, o objetivo foi alcançado. Compreende-se que existe uma variedade de opções para se planejar e organizar uma Sequência Didática. Para isso, é essencial conhecer suas fases, as atividades que a compõe e as relações que estabelecem com o objeto de conhecimento, tendo em vista atender as reais necessidades dos alunos.

CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido tem por objetivo trabalhar a Astronomia como tema transversal, aplicando uma Sequência Didática que mescla as esferas teórica e a prática. Neste contexto, dois aspectos devem ser ressaltados: o primeiro, o fato da Astronomia ser um tema interdisciplinar; o segundo, a construção e o lançamento de foguete de garrafa pet serem pensados como uma atividade a ser executada pelos próprios alunos.

Com advento da pandemia de COVID-19, tornou-se necessário reformular todo o projeto de modo que este pudesse ser executado em todas as suas etapas. Sendo assim, todas as etapas não vivenciadas do projeto tiveram que ser ministradas de maneira remota, devido aos protocolos de saúde do Governo do Estado, ficando apenas no presencial as etapas da confecção, construção e lançamento do foguete, com o quantitativo de alunos reduzido para três alunos por turma. Vale ressaltar que as modificações implementadas devido à pandemia foram aprovadas pela maioria dos alunos.

Mudar cenários previamente esboçados sempre traz ansiedade e desconforto. Sabe-se que grande parte dos alunos das escolas públicas, especialmente as de ensino fundamental, não estão acostumados a serem protagonistas em seu aprender. Por parte dos professores, esse desconforto ainda é maior, pois além de não dominarem as ferramentas tecnológicas utilizadas em aulas *online*, ainda não têm um *feedback* por parte dos alunos sobre a efetivação do aprendizado.

Essa mudança de rotina dos alunos - ainda não acostumados com aulas práticas nem com aulas onde eles fossem os sujeitos atuantes, expondo suas respostas e opiniões, debatendo entre eles - teve inicialmente certa resistência por parte de alguns componentes das turmas. Alguns dos alunos se mostraram apreensivos e poucos questionadores nas atividades, tendo uma participação pouco efetiva no início do projeto, restringindo de maneira significativa o aprendizado via sóciointeratividade.

Apesar dos problemas decorrentes da pandemia, o projeto foi implementado de forma satisfatória, como pode ser verificado nas respostas copiladas dos formulários de avaliação do projeto. A saber:

- 1- Que o projeto fosse incorporado às atividades normais da escola;
- 2- Aumento da carga horária do projeto;
- 3- Redução do número de alunos por sala;
- 4- Aumento de atividades práticas;

5- Distribuição de material de apoio.

O questionário também buscou compreender a importância das atividades desenvolvidas e sua relação com o maior engajamento no estudo da Física. De modo geral, o projeto despertou e/ou enfatizou o interesse dos alunos pelo tema do projeto.

É fundamental que os alunos descubram que eles também têm responsabilidades sobre sua aprendizagem, o professor deve deixar de simplesmente transmitir conhecimento para assumir o papel de criador de situações estimulantes, como aconteceu no projeto. Concluiu-se que a metodologia aplicada, no construir o foguete de garrafa pet, aguçou a investigação científica, valorizou o ensino da Física fazendo com que o aluno vivenciasse a teoria nas diversas modalidades de estratégias didáticas apresentadas, mesmo no Ensino remoto.

No que se refere à Sequência Didática aplicada neste projeto, constata-se que esta obteve uma boa aceitação por parte dos alunos, otimizando a aprendizagem. Portanto, é possível afirmar também que as aulas que fogem da metodologia tradicional resgatam alunos que estão desmotivados com a disciplina Física e incentiva ainda mais aqueles que gostam ou têm interesse de fazer Ciências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Astronomia constitui-se uma área de conhecimento em que a interdisciplinaridade é fundamental em sua abordagem. Para que uma maior amplitude desse projeto possa ser alcançada, sugerimos que a Astronomia seja considerada um eixo temático da escola. Assim, cada uma das disciplinas abordaria temas ligados à Astronomia ao longo do ensino regular.

A utilização de eixos temáticos pelas escolas poderá ser implementada pelas diretrizes da BNCC.

Devido ao interesse demonstrado pelos alunos ao longo do projeto, um grupo se inscreveu e elaborou um projeto sob a minha coordenação para a participação na primeira Olimpíada de Satélite (OBSAT) e tivemos êxitos, sendo classificada para a 2º etapa da competição, recebendo da organização do evento o *kit* para confecção do satélite de maneira gratuita.

Iniciativas como esta nos faz crer que estamos no caminho certo.

REFERÊNCIAS

AEB. **Institucional sobre a AEB.** Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/institucional/sobre-a-aeb/>>. Acesso em: 04 de jan. 2020.

_____. Espaço Educação. 06 de abr. de 2018. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/espaco-educacao-e-tecnologia/espaco-educacao/>>. Acesso em: 05 de jan. 2020.

ALMEIDA, M.E.D. **Inclusão Digital do Professor.** São Paulo: Articulações, 2012.

ALVES, Elias. **Conceito de Astronáutica.** Ciência & Vida. 2011. Disponível em: <https://civida2011.blogspot.com/2011/09/conceito-de-astronautica_07.html>. Acesso em: 08 de mai 2019.

ALVES, Matheus. **Astronáutica que é? Definição, característica, viagem à Lua e curiosidades.** 2020. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/astronautica/>>. Acesso em: 09 de ago 2020.

ÂMBITO JURIDICO. **Base de Lançamento e Foguetes e a Soberania.** 2011. Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-91/base-de-lancamento-de-foguetes-e-a-soberania/>>. Acesso em: 18 de ago 2020.

AMARAL, Patrícia; LARANJEIRAS, Cássio Costa. **Utopia: Tudo que Você Sempre Quis Saber Sobre Astronomia mas não Tinha a Quem Perguntar.** V. 3. 2008.

AMARANTE, José Carlos Albano do. **O vôo da humanidade e 101 tecnologias que mudaram a face da terra.** Ed. Bibliex, Rio de Janeiro, 2009.

ARAÚJO, Denise Lino de. **O que é (e como faz) sequência didática?** Entre palavras, Fortaleza - CE. V.3, n.1, p. 322-334. 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/15062068/Artigo_O_QUE_E_E_COMO_FAZ_SEQUENCIA_DIDATICA_Denise_Lino_de_Araujo. Acesso em: 18 de ago 2020.

ASTRONOMIA. **Enciclopédia Almanaque Abril.** p. 163, 2009.

BARBOSA, J. C. As relações dos professores com a Modelagem Matemática. In: **Encontro Nacional de Educação Matemática**, 8. 2004, Recife. Anais... Recife: SBEM, 2004. Disponível em: <http://www.somaticaeducar.com.br/arquivo/material/142008-11-01-15-53-24.pdf>. Acesso em: 19 de FEV. 2021.

BEZERRA, J. R. S. Uma nova teoria da aprendizagem. Rio de Janeiro: Clubes dos Autores, 2012.

BORGES, F. M. **Na Busca da Cultura Espacial.** Programa de estudos pós-graduados em Psicologia Clínica, núcleo de estudos e pesquisas da subjetividade. PUC-SP. São Paulo, 2013.

BOYER, Carl. **História da Matemática.** São Paulo: Blucher, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional** (Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996). Brasília, DF: Diário Oficial da União, 23 dez. 1996.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental – Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.

_____. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**/Secretaria de Educação Básica. – Brasília: MEC/, 2008.

_____. Secretaria de Educação Básica. **Diretoria de Apoio à Gestão Educacional**. Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012.

_____. Ministério da Educação. **Secretaria de Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

_____. **Lei nº 2.165, de 5 de janeiro de 1954**. Dispõe sobre o ensino superior no Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-2165-5-janeiro-1954-361506-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

_____. **Decreto 27.695, de 16 de janeiro de 1950**. Transforma em Curso fundamental e Curso Profissional do Instituto Tecnológico de Aeronáutica os atuais Curso de Preparação e Curso de Formação de Engenheiros de Aeronáutica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.ita.br/sites/default/files/pages/collection/DECRETO%2027.695.pdf>>. Acesso em: 09 de jan. 2020.

_____. **Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994**. Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8854.htm>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

_____. **Decreto nº 88.136, de 1º de março de 1983**. Cria o centro de Lançamento de Alcântara e da outras providências. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/510776/publicacao/15822236>>. Acesso em: 06 de mar. 2020.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. [2018?]. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 07 de abr. 2020.

_____. **Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 07 de abr. 2020.

BRAZILIAN SPACE. Disponível em: <<https://brazilianspace.blogspot.com/2015>>. Acesso em: 18 de ago 2020.

BRITANNICA. **Foguete**. 2020 Enciclopédia Britannica, Inc. Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384>>. Acesso em: 28 de dez. 2020.

CAMARGO, Wagner Mendonça; BOSSLE, Rafael Zanoni. **Sequência didática: o lúdico como ferramenta de auxílio ao ensino de matemática**. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1209-1-4795-1-10-20161215.pdf>>. Acesso em: 18 de ago 2020.

CAMPOS, M. C. da Cunha; NIGRO, R, G. **Didática de ciências: o ensino aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CANALLE, João Batista Garcia. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA): História da Astronomia no Brasil. Volume II**. 2013.

CANIATO, R. **(Re) descobrindo a astronomia**. Campinas, SP: Ed. Átomo, 2ª Ed, 2013.

CAVALCANTE, Marisa A.; BONIZZIA, Amanda; GOMES, Leandro C. P. **O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real**. Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso), v. 31, p. 4501-1-4501-6, 2009.

CAVALCANTI, Antônio. **Univs, na sombra do silêncio**. Rio de Janeiro: Clube dos Autores, 2011.

CARDOZO. Amâncio Rogério E. **Das Origens dos Estudos Meteorológicos no INPE, ao CPTEC: O Desenvolvimento de Modelos para a Previsão Numérica de Tempo**. Disponível em: <https://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=1004>. Acesso em: 07 de jan de 2020.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

_____. **Ensino de Física**. Coleção ideias novas. SÃO Paulo: Cengage, 2020.

CASTRO, A. D. E. A. **Didática para a escola de 1º e 2º graus**. 4. São Paulo: Pioneira, 1976.

COUTINHO, Clara; LISBÔA, Eliana. **Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI**. Revista de Educação, 2011.

CHAGAS, Felipe. **Apostila Física Enem**. São Paulo: Clube dos Autores, 2020.

CUNHA, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. Ed. Contexto 3ª ed. São Paulo, 1989.

DELLAGNEZZE, R. **Base de lançamentos de foguete e a soberania**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011. Centro de Pesquisas Estratégicas Paulino Soares Sousa. Disponível em: <<http://www.ecsbdefesa.com.br/defesa/fts/BLFS.pdf>>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

DUARTE, Fernando. **As três vitórias da União Soviética na corrida à Lua contra os EUA**. 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-49039145>>. Acesso em: 19 de ago 2020.

FEIJÓ, B. V; SOUZA, L. **Negócio da China**: como, onde e quando surgiram os fogos de artifício? Anápolis, Go. Revista Galileu. Edição 187 - Fev/07. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT868731-1716,00.html>>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

FILHO, J. B. P; BÔAS, D. J. F. V; DAMILANO, J. G. **Veículos Espaciais**. Formação Continuada de Professores. Curso Astronáutica e Ciência do Espaço. 2007.

FRAZÃO, DAVI. **A Origem, os segredos ocultos da humanidade**. São Paulo: Clube dos Autores, 2020.

FOGUETE. In Britannica Escola. Web, 2020. Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384>>. Acesso em: 30 de julho de 2020.

FOGUETE ESPACIAL. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete_espacial>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 30. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. **Astronomia na sala de aula**: Por quê? Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, Limeira, n.9, p. 7-15, 2010.

HISTÓRIA DA ASTRONÁUTICA. In: ENCICLOPÉDIA GLOBAL, 2020. Disponível em: <<http://www.megatimes.com.br/2014/05/historia-da-astronautica.html>>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

HISTÓRIA DOS FOGUETES. Disponível em: <<https://spaces-planets.blogspot.com/p/historia-dos-foguetes.html>>. Acesso em: 15 de ago 2020.

HORVATH, J. E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **AEB e MEC lançam livros didáticos sobre Astronomia, Astronáutica e Mudanças Climáticas**. [2010]. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2234>. Acesso em: 28 de dez 2019.

_____. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **História**: A origem do INPE na corrida espacial. 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/historia.php>. Acesso em: 06 de jan. 2020.

_____. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Instituto_Nacional_de_Pesquisas_Espaciais&oldid=59508112>. Acesso em: 3 de jan. 2020.

INVESTSP - Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade. **Aeroespacial e Defesa**. 2013. Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/aeroespacial-e-defesa/>>. Acesso em: 20 de dez 2019

ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica. **História e Valores**. Disponível em: <<http://www.ita.br/aconcepcao>>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Alberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física os Fundamentos da Física**. São Paulo: Moderna, 2009.

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, 2008.

KRASILCHIK, M. **Reforma e realidade: o caso do ensino das ciências**. Revista São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

LANGHI, R., NARDI, R. **Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de astronomia**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n° 2, p. 75-92, 2005.

_____. **Educação em Astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LATTARI, Cleiton; TREVISAN, Rute. **Metodologia para o Ensino de Astronomia: uma abordagem construtivista**. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/ii-enpec/trabalhos/G13.pdf>>. Acesso em: 20 de dez. 2020.

LUZ, A.M.R; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume 1/ Antônio Máximo Ribeiro da Luz**, São Paulo: Scipione, 2009.

MACHADO, A.R.; CRISTÓVÃO, V.L.L. **A construção de modelos didáticos de gêneros: aportes e questionamentos para o ensino de gêneros**. Revista Linguagem em (Dis)curso. v. 6, n. 3. set/dez., 2006.

MACHADO, Irene. Gêneros Discursivos. In: BRAIT, **Beth. Bakhtin: conceitos chave**. 2ª Ed. São Paulo: Contexto, 1997.

MANSILHA, Sérgio. **Comunicação Corporativa**, São Paulo: Vozes, 2012.

MARANHÃO (Estado). **Referencial Curricular do Ensino Fundamental Ciências Naturais 5a a 8a série/6o ao 9o ano**. São Luís, MA: Secretaria de Estado da Educação, 2010.

MATSUURA, Oscar T. **Museu de Astronomia e Ciências Afins**. CEPE, Pernambuco, 2013.

MEURER, Z. H.; STEFFANI, M. H. **Objeto educacional astronomia: ferramenta de ensino em espaços de aprendizagem formais e informais.** In: Simpósio nacional de ensino de física – SNEF, 18, Vitória, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0336-1.pdf>> Acesso em: 22 de out. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** 2. ed. São Paulo: Pedagógica e Universitária LTDA, 2011.

MORIN, Edgar Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo/Brasília: Cortez/Unesco, 2000.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica.** 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1987.

NEVES, Andressa. **60 anos de NASA:** Conheça a história dos projetos da agência espacial dos EUA. [2018]. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/espaco/60-anos-de-nasa-conheca-a-historia-e-os-projetos-da-agencia-espacial-dos-eua-118996/>>. Acesso em: 19 de ago 2020.

NIKITIUK, Sonia Maria Leite. **Repensando o Ensino de História.** 3. ed. – São Paulo: Cortez, 2000.

NOGUEIRA, Salvador; CANALLE, João Batista Garcia. **Astronomia: ensino fundamental e médio.** Coleção Explorando o Ensino; v. 11. Brasília: MEC; SEB; MCT; AEB, 2009.

_____. **Astronomia: ensino fundamental e médio.** Coleção Explorando o Ensino; v. 12. Brasília: MEC; SEB; MCT; AEB, 2008.

NOVA ESCOLA. **Teorias e explicações para a origem do Universo e da vida.** Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/3422/>>. Acesso em 28/01/2021.

OBA - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/>>. Acesso em: 07 de mar. 2020.

_____. **Histórico OBA e MOBFOG** Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=4&pag=conteudo&m=s>>. Acesso em: 07 de mar. 2020.

OLIVEIRA, Fábio Anastácio de. **Uso e Divulgação do Software Livre Tracker em Aulas de Física do Ensino Médio.** 2014. 112f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

OLIVEIRA FILHO, K. S. **Astronomia & Astrofísica.** 2 ed., São Paulo: Livraria da Física, 2004.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Metodologia Interativa: um desafio multicultural à produção do conhecimento V Colóquio Internacional Paulo Freire – Recife, 19 a 22-setembro 2005.**

_____. **Metodologia Interativa: um processo hermenêutico dialético.** Revista Educação: Porto Alegre: INTERFACES BRASIL/CANADÁ, V1, N.1, 2001.

_____. **Sequência didática interativa no processo de formação dos professores.** São Paulo: Vozes, 2019.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores.** 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf>>. Acesso em: 03 de nov. 2020.

ORIENTAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO ESCOLA 2014. Coordenação de Gestão da Educação Básica (CGEB). Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/SandraPcnp/cgeb-orientaes-para>>. Acesso em: 18 de ago 2020.

PEDROCHI, F.; DANHONI NEVES, M. C. Concepções astronômicas de estudantes no ensino superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 4, n.2, 2005.

PEREIRA, Humberto Antônio de Barros. **Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem.** Rev. Bras. Ensino Fís. vol.33. São Paulo. 2011

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia.** Tradução Maria Alice Magalhães D' Amorim e Paulo Sergio Lima Silva. 24 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

PIOVESAN, Eduardo; BRANDÃO, Francisco. **Câmara aprova acordo entre Brasil e EUA sobre uso da base de Alcântara. 2019.** Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/603242-camara-aprova-acordo-entre-brasil-e-eua-sobre-uso-da-base-de-alcantara/>>. Acesso em: 07 de mar. 2020.

PINTO NETO, Antônio. **Formulação Newtoniana da Mecânica.** Notas de aula da disciplina Mecânica Teórica I. Universidade Federal do Maranhão, C-II, p. 01- 05, 2003.

ROCHA, José Fernando M. **Origens e Evoluções das Ideias da Física.** 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015.

RONCARELLI, Dóris; MALLMANN, Elena Maria; CATAPAN, Araci Hack. **EaD List: uma ferramenta para escolha de um Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem.** In: **13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA ABED.** Curitiba. Setembro 2007. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2007/tc/420200743710PM.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2008.

ROTH, Ana Lucia. **Dissertação Métodos e Ferramentas da Qualidade.** FACCAT, Taquará, 2004.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. **Proposta Curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio: Disciplinas Curriculares.** Florianópolis: COGEN, 1998.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, M. E. N. V. M. **A dimensão CTS do ensino das Ciências:** fundamentos, contextos e desafios. In: MACIEL, M. D; AMARAL, C. L. C; GUAZZELLI, I. R. B. *Ciência, tecnologia e sociedade: pesquisa e ensino*. São Paulo: Terracota, 2010. P.71-91.

SEDUC – Secretaria de Estado da Educação. **Referencial Curricular do Ensino Fundamental Ciências Naturais 5ª a 8ª série/6º ao 9º ano**. 2010.

SCHMIEDECKE, W.G.; SILVA, M.P.C.; SILVA, W.M. A história da ciência na composição de sequências didáticas: possibilidades trabalhadas em um curso de licenciatura em física. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. Anais. Manaus, AM, 2011. p. 1-10. Disponível em: Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.

STRECK, D.R. E. R.; ZITKOSKI, Jaime José (orgs). **Dicionário Paulo Freire**. 2ed. Rev. amp. 1 reimp. –Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2010.

SUENAGA, C. T. **A Dialética do Real e do Imaginário:** Uma Proposta de Interpretação do Fenômeno OVNI. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1999.

TROGELLO, Anderson Giovani. **Objetos de Aprendizagem:** uma sequência didática para o ensino de Astronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em:<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1251/1/PG_PPGECT_M_Trogello%2C%20Anderson%20Giovani_2013.pdf>. Acesso em: 07 de fev. 2020.

VAZQUEZ, A; MANASSERO, M. A; ACEVEDO, J. A; ACEVEDO, P. **Consensos sobre a natureza da Ciência:** Ciência, Tecnologia na Sociedade. *Química Nova na Escola*, n. 27, p. 34-50. fev. 2008. Disponível em: <http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/07-ibero-6.pdf>. Acesso em: 21 jan de 2021.

VEIT, Eliane A. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física?** *Física na Escola*, v. 6, 2005.

VYGOTSKY. L.S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução: José Cipolla Neto et al.7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

_____. **Pensamento e Linguagem**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes. 2008.

WIKIPÉDIA. Astronáutica. 28 de jul. de 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Astron%C3%A1utica>>. Acesso em: 05 de jan. 2020.

_____. **Foguete Espacial**. 02 de jan. de 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete_espacial>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

WINTER, Othon Cabo; PRADO, Antonio Fernando de Almeida. **A conquista do espaço do Sputnik à missão Centenário**. São Paulo: Livraria Físico, 2007.

ZABALA, A. **Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FORMULÁRIO INVESTIGATIVO

E-mail:

Nome:

1. O que você sabe sobre a origem científica do Universo?
2. Como o sistema solar foi formado?
3. Que forças atuam de modo a garantir a estabilidade no movimento dos planetas em torno do Sol?
4. Como proceder para colocarmos um satélite em órbita da Terra? Explique os procedimentos a serem adotado e os principais problemas a serem enfrentados.
5. Como proceder para realizarmos uma viagem espacial da Terra para Marte? Explique os procedimentos a serem adotado e os principais problemas a serem enfrentados.
6. Pensando em uma viagem espacial em que o tempo seja muito longo, quais os principais problemas a serem considerados?

As respostas compiladas dos alunos se encontram no QR CODE abaixo:



APÊNDICE B – CONFECÇÃO DE FOGUETES

Para a confecção dos foguetes de garrafa pet é necessário a aquisição de alguns materiais de fácil acesso pelos alunos, tais como:

- Duas garrafas PET de 2 litros (Garrafa 01 e Garrafa 02);
- Fita isolante;
- Pastas de plástico (escarcelas), para construir as aletas do foguete (asas);
- Um papel de radiografia (Raio-X) ou similar, para a construção do bico;
- Uma massa de modelar para dar a sustentação do bico;
- Uma tesoura média (para cortar o foguete e o balão);
- Um estilete para furar a garrafa com mais facilidade.

O passo a passo a respeito da confecção de foguetes é desenvolvido da seguinte forma: a "Garrafa 01" não será cortada, pois ela funcionará como corpo do foguete, na qual se deve adicionar o combustível de propulsão, o bicarbonato e o vinagre. A "Garrafa 02" deve ser recortada de maneira adequada para que se possa fazer o encaixe do bico que será construído com um material de radiografia (RAIO - X) ou similar. Logo após, a confecção do bico deve-se encaixá-lo na "Garrafa 01" utilizando a fita isolante para fixá-lo.

O bico não tem um tamanho ideal, variando de foguete para foguete, mas a sugestão é que se corte de maneira perpendicular ao comprimento da garrafa PET. Dentro do bico vai o que é chamado de carga útil, também considerado como a massa modelar, e faz com que o foguete não perca estabilidade de forma que é inserida pela parte interna do bico através da compressão manual até sua fixação total. No entanto, não se tem uma quantidade definida de massa de modelar para colocar no bico do foguete.

Na "Garrafa 01" serão colocadas as aletas do foguete, em que recomenda-se que sejam utilizadas quatro aletas, pois darão estabilidade ao foguete. As aletas possuem a forma de um trapézio, pois facilita o encaixe dela na base do foguete e dá um maior equilíbrio ao voo.

Para a confecção das aletas, seguiu-se a seguinte descrição:

- 1) Corta-se a pasta de plástico na forma de quadrados de aproximadamente 8 cm de lado;
- 2) A 1,5cm de um dos vértices do quadrado marcando-se um ponto que deve ser ligado através de uma reta ao vértice oposto ao escolhido;

- 3) Corta-se o quadrado exatamente na reta descrita no item anterior, gerando um trapézio;
- 4) Na base maior, marca-se três pontos que dividam em quatro partes iguais de aproximadamente 2 cm. Em seguida, nos pontos marcados, corta-se a aleta de maneira perpendicular à base até uma altura de aproximadamente 2 cm. Formando, assim, três quadrados de 2 cm de lado e um trapézio retângulo com base maior e altura com 2cm, que serão dobrados alternadamente para um lado e para o outro. Esses serão os pontos de contato das aletas com a lateral do foguete, a serem encaixados com o auxílio da fita isolante.

Desta forma, o nosso foguete de garrafa pet estará pronto para um lançamento perfeito adquirindo um ótimo alcance.

APÊNDICE C – CONSTRUÇÃO DA BASE

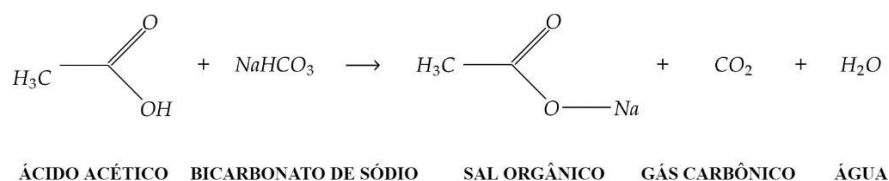
A base foi construída utilizando uma tábua de madeira para servir de sustentação acoplada a uma segunda tábua, colocada de modo que fique fixa no chão, formando com a primeira tábua um ângulo de 45°.

Na segunda tábua é acoplado um suporte que sustentará o foguete até o seu lançamento. Para isso, utilizamos um cano de plástico (ferro) de 20 milímetros de diâmetro, pois essa medida é próxima da medida da abertura da garrafa 01, fazendo um encaixe quase perfeito. Para sua vedação, utilizamos anéis de borracha.

No site oficial da OBA podemos observar o passo a passo da construção da base clicando [aqui](#).



Para o voo, foi criado um mecanismo de gatilho para liberação do foguete da base. Mecanismo formado por dois raios de bicicleta e duas cordas para puxarem os gatilhos depois que ocorrer a reação de neutralização (ácido acético e bicarbonato de sódio). A pressão no interior do foguete aumenta até ele poder ser liberado. O processo ocorre segundo a equação química balanceada:



Para o controle da pressão interna do foguete, instalamos um manômetro no cano suporte a fim de garantir que o foguete não estoure na base.

APÊNDICE D – FOMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO

1. Qual foi seu nível de satisfação com o projeto?

Péssimo
Ruim
Regular
Bom
Excelente

2. Qual a sua opinião sobre o projeto desenvolvido pelo professor?

	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
Tempo de duração do projeto					
Tempo de duração das etapas					
Temas abordados:					
Conteúdo ministrado:					
Metodologia ministrada:					

3. A sequência didática desenvolvida ao longo do projeto pelo professor:

	SIM	NÃO
Proporcionou o entendimento de cada um dos temas abordado?		
Foi organizada e bem elaborada pelo professor?		
Está de acordo com os temas abordados?		
A parte teórica teve uma boa compreensão?		
A parte prática teve uma boa compreensão?		

4. A teoria e a prática desenvolvida pelo professor ao longo do projeto:

	SIM	NÃO
Foi importante para o seu aprendizado?		
Contribuíram em seu conjunto para a melhoria do aprendizado?		

5. A estratégia utilizada estimulou mais ainda a sua participação no projeto?

SIM
NÃO

6. A sua participação no projeto possibilitou uma melhor compreensão científica acerca do

Sistema Solar

SIM
NÃO

7. A mudança de estratégia durante a pandemia foi adequada?

SIM

NÃO

8. Como você avalia a sua participação no projeto?

EXECELENTE

BOM

REGULAR

RUIM

Outra:

9. O que poderia ser melhorado no projeto e quais as modificações seriam adequadas?

10. A atividade desenvolvida no projeto foi importante para o seu engajamento e motivação para estudar física? Explique por que.

As respostas compiladas dos alunos se encontram no QR CODE abaixo:



ANEXOS

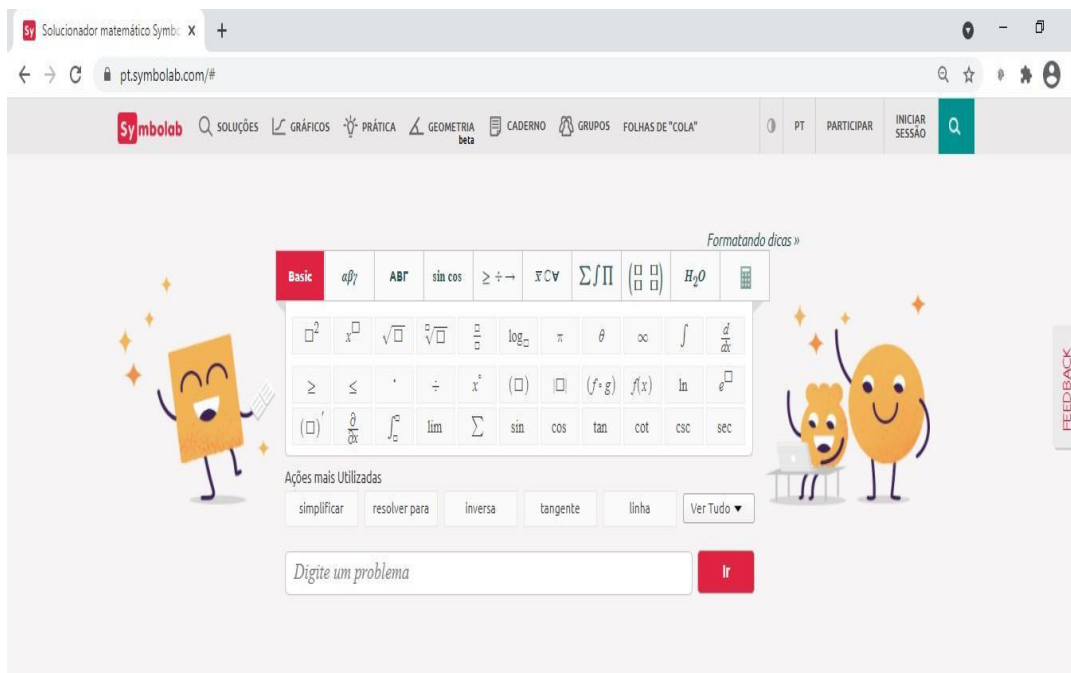
ANEXO A – UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA *SYMBOLAB* PARA RESOLVER INTEGRAIS DEFINIDAS

O *Symbolab* é um serviço *online* que calcula soluções passo a passo para uma grande variedade de problemas matemáticos. É um aplicativo que inclui a vantagem de trazer exemplos já feitos, permitindo aos usuários aprender, praticar e descobrir soluções de problemas sobre os quais não tem domínio matemático sobre o assunto.

Adotaremos aqui um tutorial mostrando como é fácil a utilização do *Symbolab* e que qualquer pessoa sem conhecimento prévio do cálculo diferencial poderá utilizá-lo sem nenhuma dificuldade, basta acessar o endereço <https://pt.symbolab.com/>.

Iniciaremos o passo a passo com a resolução da equação $\int_{v_0}^v dv' = -u \int_{m_0}^m \frac{dM}{M}$ utilização do aplicativo.

Passo 1: Acessar o *Symbolab*



Na página inicial, observamos alguns símbolos característicos. Escolhemos aquele associado com a operação desejada. Em nosso caso, a integral definida.

Passo 2: Digitar a equação

Passo 3: Achar a solução

Para achar a solução basta clicar na opção “Ir”, localizada no canto inferior direito, como demonstra a imagem abaixo.

O resultado da solução você observa na primeira linha do aplicativo, sendo que $\int_{v_0}^v dv' = -u \int_{m_0}^M \frac{dM}{M}$ é igual a, $v - v_o = u \ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$.

Desse modo, fizemos o mesmo processo para as demais equações as quais tivemos a necessidade de utilizar essa ferramenta.

ANEXO B - CÁLCULO INTEGRAL (SYMBOLAB)

$\frac{1}{m} \int dm = -a \int dt$ Ir

Exemplos » 🔗 🖨️ 📄

Solução

Mostrar passos ▾

$\frac{1}{m} \cdot \int 1 dm = -a \cdot \int 1 dt : t = -\frac{m+C}{ma} - C; a \neq 0$

Passos

$\frac{1}{m} \cdot \int 1 dm = -a \cdot \int 1 dt$

$\int 1 dm = m + C$ Mostrar passos 🔒

$\frac{1}{m}(m + C) = -a \cdot \int 1 dt$

$\int 1 dt = t + C$ Mostrar passos 🔒

$\frac{1}{m}(m + C) = -a(t + C)$

$\frac{1}{m}(m + C) = -a(t + C) : t = -\frac{m+C}{ma} - C; a \neq 0$ Mostrar passos 🔒

Observamos a solução em que $\frac{1}{mi} \int dm = -a \int dt$ é igual a $\frac{m}{mi} = -at + c$

ANEXO C - CÁLCULO INTEGRAL (SYMBOLAB)

Mostrar passos

$$\int_0^v 1 dv = -g \cdot \int_0^t 1 dt + u(v, t) \cdot \int_0^t \frac{a}{1+at} dt \quad ; \quad v - o = -g(t - o) + u(v, t)(\ln|1 + at| - \ln|1 + ao|)$$

Passos

$$\int_0^v 1 dv = -g \cdot \int_0^t 1 dt + u(v, t) \cdot \int_0^t \frac{a}{1+at} dt$$

$\int_0^v 1 dv = v - o$
Mostrar passos

$$v - o = -g \cdot \int_0^t 1 dt + u(v, t) \cdot \int_0^t \frac{a}{1+at} dt$$

$\int_0^t 1 dt = t - o$
Mostrar passos

$$v - o = -g(t - o) + u(v, t) \cdot \int_0^t \frac{a}{1+at} dt$$


$\int_0^t \frac{a}{1+at} dt = \ln|1 + at| - \ln|1 + ao|$
Mostrar passos

$$v - o = -g(t - o) + u(v, t)(\ln|1 + at| - \ln|1 + ao|)$$

Observamos a solução em que $\int_0^{vf} dv = -g \int_0^{tf} dt + u \int_0^{tf} \frac{adt}{1-at}$ é igual a $v_f = -gt_f - u \ln(1 - at_f)$

ANEXO D - CÁLCULO INTEGRAL (SYMBOLAB)

Solução


Mostrar passos 

$$\frac{-1}{ami} \cdot \int_{mi}^{mf} 1 dm = \frac{1}{a} + i \frac{f}{a}$$

Passos


$$\frac{-1}{ami} \cdot \int_{mi}^{mf} 1 dm$$

$$\int_{mi}^{mf} 1 dm = fm - im$$

Mostrar passos 

$$= \frac{-1}{ami} (fm - im)$$

ANEXO E - COMUNICADO SOBRE O LANÇAMENTO DOS FOGUETES

 CMT Colégio Militar Tiradentes	 POLÍCIA MILITAR DO MARANHÃO COLÉGIO MILITAR TIRADENTES INFORMATIVO Nº 033 / 2020 
<p>Nº: 033/2020 – CM/PMMA Data: 02/09/2020 Destinatário: Sr.(s) Pais e/ou Responsáveis de alunos Assunto: Informação</p> <p>Informamos aos Senhores Pais/Responsáveis dos alunos da 1ª Série do Ensino Médio que no dia 05/09/2020(sábado) haverá atividade de lançamento dos foguetes produzidos pelos alunos para a OBA (Olimpiada Brasileira de Foguetes).</p> <p>Horário: 08h00min Local: CEFAP (Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças) Uniforme: Agasalho</p> <p>OBS: 1. Os equipamentos de proteção individual serão fornecidos pela escola; 2. O USO DE MÁSCARA É OBRIGATÓRIO.</p> <p style="text-align: right;">A Direção</p>	

PRODUTO EDUCACIONAL

UANSER MENDONÇA EMMA EZEANOWAI



O ENSINO DE ASTRONOMIA ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES DE GARRAFA PET

APRESENTAÇÃO

SOBRE OS AUTORES



Uanser Mendonça Emma Ezeanowai possui graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Mestrado em Ensino de Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é policial militar lotado no Colégio Militar Tiradentes I (CMT I) como professor militar da disciplina de Física, atuando também na rede privada de ensino e em cursinhos pré-vestibular da cidade de São Luís do Maranhão.



Antonio Pinto Neto possui graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão (1983); mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1987); doutorado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1990) e estágio pós-doutoral no INPE (2004). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Maranhão. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Propriedades Térmicas da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: espectroscopia fotoacústica, caracterização de semicondutores, propriedades ópticas térmicas e de transporte, caracterização fotoacústica, propriedades térmicas dos materiais e Ensino de Física. Foi tutor do PET-Física da UFMA durante 11 anos.

Caro(a) professor (a),

Este trabalho consiste na apresentação de um produto educacional desenvolvido com o intuito de apresentar uma Sequência Didática para a Dinâmica de Foguete junto aos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental.

A metodologia aplicada foi utilizada pelo professor mediador do projeto por meio de várias plataformas digitais e atuação presencial em que a participação dos alunos foi fator fundamental para o desenvolvimento de cada etapa.

Tudo se inicia com o primeiro contato da Física sobre a Mecânica, levando em conta a preparação dos alunos para o estudo da Dinâmica dos Foguetes. Em seguida, dá-se o estudo da Astronomia sendo apresentado a partir de conceitos, concepções e princípios da Física recomendados aos participantes da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) e da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Neste produto, ressalta-se o passo a passo da construção de um protótipo de foguete, cuidados a serem tomados no lançamento além de um tutorial sobre a utilização do recurso *Tracker*.

O material elaborado neste produto educacional constitui-se em um manual para a construção de um foguete de garrafa PET, bem como a sequência didática que fundamenta o problema.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	6
2.1	Aulas sobre Mecânica (1ª Etapa)	6
2.2	Aplicação do Formulário Investigativo (2ª Etapa)	7
2.3	Palestra sobre o Sistema Solar (3ª Etapa)	8
2.4	Disponibilizando Tutorial a Respeito da Confecção de Foguetes (4ª Etapa)	9
2.5	Palestra sobre Astronomia (5ª Etapa)	10
2.6	Aula sobre Fundamentação Vetorial (6ª Etapa)	11
2.7	Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes (7ª Etapa)	12
2.8	Avaliação e Ajustes dos Protótipos de Foguetes (8ª Etapa)	12
2.9	Lançamento dos Foguetes (9ª Etapa)	13
2.10	Modelagem dos Lançamentos pelo Tracker (10ª Etapa)	14
2.11	Formulário de Avaliação do Projeto (11ª Etapa)	21
	BIBLIOGRAFIA	23

1 INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma ciência que se apresenta com uma concepção ampla sobre a origem e evolução do Universo. O desenvolvimento científico e tecnológico utilizado vem ampliando não apenas o conhecimento científico, mas também a aplicação de suas tecnologias no cotidiano - sublinha-se o impacto no setor aeroespacial e nos sistemas de telecomunicações. Esses setores possuem os maiores valores agregados aos produtos oferecidos, além de se constituírem em áreas estratégicas de domínio tecnológico.

É sabido que o homem sempre teve o fascínio em conhecer o Universo, assim como o grande desejo de desvendá-lo. Inicialmente, os estudos feitos pelos pesquisadores limitavam aos astros e estrelas visíveis a olho nu, os quais foram redirecionados *a posteriori* com a invenção do telescópio, sendo encarados como marcos técnicos quando discorremos sobre a ciência astronômica. Com os conhecimentos científicos e tecnológicos atuais, temos uma concepção razoável sobre o Universo, bem como explicar a interação deste com nossa Galáxia, a Via Láctea e o Sistema Solar. Esses conhecimentos tornam-se fundamentais para a sociedade, uma vez que faz com que os princípios e leis que regem o Universo propicie um entendimento sobre o equilíbrio ecológico do planeta.

Apesar da importância da Astronomia na formação do indivíduo, seus conteúdos em sala de aula são por muitas vezes deixados de lado, embora o ensino de Astronomia esteja regulamentado nos currículos oficiais da Educação Básica (BRASIL, 1998). O ensino de ciências tem como conteúdos estruturantes a “Astronomia, Matéria, Energia, Sistemas Biológicos e Biodiversidade”. No entanto, os conceitos relacionados a essa disciplina ainda são abordados em sua maioria de forma dispersa e rasa por meio de aulas meramente expositivas, sem contato experimental com observações ou experiências relacionadas.

No Brasil, o setor aeroespacial ocupa um campo muito extenso de atividades comerciais e militares, possuindo uma grande empresa integradora de aviões, a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A (EMBRAER), localizada em São José dos Campos, no estado de São Paulo, cuja atua no setor de desenvolvimento de produtos para os segmentos da aviação comercial e executiva. De acordo com o site da Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade (INVESTSP), “a economia paulista responde pela quase totalidade do setor aeroespacial brasileiro, evidenciando-se o caráter predominantemente paulista dessa indústria” (INVESTSP, 2013).

No Maranhão, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) foi concebido no contexto da necessidade de um centro espacial com maior capacidade de lançamento e que

atendesse o Veículo Lançador de Satélites (VLS), abrangendo diversas vantagens operacionais e econômicas. Devido a sua localização privilegiada o CLA, possui atributos tais como a segurança, economia e disponibilidade, conferindo-lhe importantes diferenciais competitivos.

Mediante este encadeamento, é inegável a associação que a Astronomia possui com a atividade e o desenvolvimento humano, já que ambos caminham na mesma direção. A Ciência astronômica está presente na construção e na reconstrução do ser humano, uma vez que o homem vem lutando para compreender os complexos movimentos dos astros, bem como desvendar as inúmeras interrogações acerca dos objetos dispostos no céu, desde a aurora da civilização.

Portanto, após breve passeio pela história das ideias que levaram a humanidade às observações celestes, bem como ao entendimento de como funciona o planeta Terra e o Universo em geral, torna-se evidente a importância do conhecimento da Astronomia, seja de modo amador ou profissional, pois não é de hoje que esta ciência provoca, estimula, inquieta, fascina a quem questiona tanto a nossa existência, quanto a evolução do Universo em que vivemos. Diante do exposto, cabe a inserção de algumas indagações sobre o desenvolvimento da Astronomia na sociedade contemporânea e, principalmente, dentro das escolas, ambiente de ensino e aprendizagem, nos quais se tem o interesse em saber como os estudantes observam a ciência, relacionando principalmente ao estudo dos foguetes, nosso objeto de análise e prática.

Deste modo, coloca-se a Astronomia como tema transversal de ensino, seguindo as diretrizes estabelecidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC), propondo um produto educacional que apresente uma Sequência Didática (SD) para o ensino de tópicos de Astronomia, voltado para o lançamento de foguetes.

O presente trabalho tem como objetivo norteador favorecer práticas experimentais em Astronomia, visando incentivar a confecção de foguetes didáticos, que servirão de instrumentos facilitadores no processo de ensino e aprendizagem da Física. Deste modo, dispõem os seguintes objetivos específicos: estimular visitas constantes aos laboratórios de Física, compreendendo-os como importantes instrumentos facilitadores de aquisição de conteúdos; perceber a relevância da utilização de experimentos como metodologia no ensino de Física; construir foguetes de garrafas pet; estimular a participação dos alunos na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) e na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA).

Destaca-se que o desenvolvimento deste projeto utiliza como base uma oficina para expor o fundamento teórico e a confecção de foguetes com material didático alternativo de acordo com o regulamento da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Este evento ocorre paralelamente a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), ambos organizados pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB). Deve-se salientar que, para que todo o contexto seja bem compreendido, tais atividades são precedidas por uma base de Física e Astronomia.

A oficina de lançamento de foguetes torna as aulas de Física mais dinâmicas e atrativas, possibilitando explorar assuntos de diversas áreas da Física, aproximando de modo mais concreto da percepção e assimilação dos conteúdos pelos alunos, permitindo que outras áreas do conhecimento possam ser integradas no processo de crescimento cognitivo interdisciplinar no ambiente escolar.

Neste presente trabalho, apresenta-se o desenvolvimento da Sequência Didática aplicada junto aos alunos do 9º ano do ensino fundamental, e é constituído de 11 etapas desenvolvidas e aplicadas.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática (SD) foi escolhida por ser uma metodologia que acentua a investigação científica, valorizando a aprendizagem vivenciada pelos alunos na diversidade de suas modalidades de estratégias, além de manter o foco nos objetivos estipulados e toda uma organização e orientação em prol das ações relacionadas aos alunos.

Tem-se como objetivo demonstrar a possibilidade de sua utilização como uma proposta didática-metodológica que facilita a interação professor-aluno na construção de novos conhecimentos e saberes, visando oferecer subsídios que contribuem para um melhor processo do ensino-aprendizado, sendo de fundamental importância a efetiva participação dos alunos, desde o planejamento inicial (conhecendo o real objetivo da realização da Sequência Didática) até o seu fim, avaliando e informando os resultados.

A Sequência Didática é “um modo do professor organizar as atividades de ensino em função de núcleos temáticos e procedimentais” em que a construção de cada unidade segue uma sequência lógica de construção do todo, de modo contextualizado. Isso possibilita que as aulas sejam mais dinâmicas e organizadas, em que o professor, por meio de seus objetivos, promova atividades em prol da aprendizagem do conteúdo contemplado da Unidade Didática que poderá ser conceitual, procedimental ou atitudinal.

Para que a plenitude dos objetivos seja alcançada, propomos uma Sequência Didática composta por 11 atividades contemplando ambientes presenciais e plataformas digitais, que têm por objetivo auxiliar o aluno na construção e lançamento de um protótipo de foguete feito de garrafas PET, utilizando-se bicarbonato de sódio e vinagre como propelente, além de propiciar uma base de Física e Astronomia necessária ao entendimento global do problema e sua solução.

2.1 Aulas sobre Mecânica (1ª Etapa)

CONTEÚDO: Introdução à Física, Introdução à Cinemática, estudo do Movimento Uniforme, estudo do Movimento Uniformemente Variado, Queda livre e lançamento vertical, Lançamento na horizontal, Vetores, Lançamento Oblíquo, Leis de Newton, Aplicação das leis de Newton, Trabalho e Energia, Energia e suas conservações, Quantidade de Movimento.

RECURSOS: Quadro branco, pincel, retroprojetor, apostila e apagador.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para início, ministra-se aulas de Mecânica por ser um segmento da Física que disserta sobre o movimento. Esse estudo possui uma enorme relevância para diversas profissões, além de ser bastante cobrado em processos seletivos.

A Mecânica é uma parte da física que está centralizada no estudo do movimento dos corpos, estejam ou não sob a ação de forças. A mecânica se subdividiu em Cinemática, Dinâmica e Estática (CARVALHO, p. 32, 2020). Deste modo, tornou-se fundamental a aplicação de aulas de Mecânica.

Para fundamentar o movimento dos foguetes, aborda-se a Mecânica, dando ênfase nos conteúdos necessários para a compreensão da física envolvida. Abordam-se os movimentos uniforme e uniformemente variado, bem como a composição desses movimentos para o entendimento do lançamento oblíquo. Isso se faz necessário para a compreensão da trajetória descrita pelo foguete. Nos conteúdos de Dinâmica, apresentou-se as Leis de Newton, suas interpretações e aplicações voltadas para sistemas de massa variável.

As aulas ministradas têm como objetivo possibilitar a análise e a compreendo movimento, suas causas e efeitos.

FICA A DICA: No momento da apresentação dos conteúdos, chame a atenção dos alunos para os vários fenômenos que ocorrem na natureza com o objetivo de aguçar a imaginação destes. Para este momento, pode-se mencionar: a composição de movimento, pois todo movimento complexo pode ser decomposto em vários movimentos menores.

Com o objetivo de estudo analisar a simultaneidade nos lançamentos de foguetes, você pode também trabalhar em sala de aula o vídeo explicativo sobre a composição do movimento, clicando [aqui](#). Isso facilitará a sua relação com os alunos, garantindo a participação de toda a equipe no projeto até o final.

AValiação da Etapa: A avaliação dessa etapa deve ser feita através da análise da frequência, participação e engajamento dos alunos.

2.2 Aplicação do Formulário Investigativo (2ª Etapa)

CONTEÚDO: Astronomia

RECURSOS: *Google Forms*

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

Nessa etapa, aplica-se um questionário com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astronomia.

Obs.: Esse questionário pode-se ser elaborado e aplicado presencialmente ou em diversas plataformas digitais tais como: *Survio*, *Mind Miners*, *Google Forms*, *Typeform* ou qualquer outra ferramenta similar.

FICA A DICA: Como sugestão de questionário, apresentamos as questões elaboradas para a investigação dos conhecimentos prévios dos alunos em relação à Astronomia, que foi desenvolvido para aplicação no projeto:

- 1- O que você sabe sobre a origem científica do universo?
- 2- Como o Sistema Solar foi formado?
- 3- Que forças atuam de modo a garantir a estabilidade do movimento dos planetas em torno do Sol?
- 4- Como proceder para colocarmos um satélite em órbita da Terra? Explique os procedimentos a serem adotados e os principais problemas a serem enfrentados?
- 5- Como proceder para realizarmos uma viagem espacial da Terra a Marte? Explique os procedimentos a serem adotados e os principais problemas a serem enfatizados.
- 6- Pensando em uma viagem espacial em que o tempo seja muito longo, quais os principais problemas a serem considerados?

AVALIAÇÃO DA ETAPA: Nessa etapa o professor deve observar o nível de resposta dos alunos a cerca da Astronomia e, apartir dessa observação, elaborar uma estratégia para prosseguir com as próximas etapas.

2.3 Palestra sobre o Sistema Solar (3ª Etapa)

CONTEÚDO: Sistema Solar

RECURSOS: Plataforma *Google Meet*, Material em PPT, Computador e/ou *Ipad*.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Sugere-se ministrar uma palestra com o objetivo de apresentar aos alunos a formação do Sistema Solar e seus principais componentes, bem como a divisão dos planetas em dois grupos: os Jovianos e os Telúricos, além de discorrer sobre o Sol e a sua estrutura interna, assim como a classificação das luas, dos cometas, dos asteroides, dos planetas anões, dos meteoroides e dos anéis planetários.

Tendo por alicerce os PCNs, observa-se a existência de várias teorias sobre a formação do Sistema Solar, tendo destaque três delas: Turbulentas, Catastróficas e Nebulares, tendo como principais elaboradores, René Descartes, George Louis Leclerc e Immanuel Kant, respectivamente. Em seguida, a teoria nebular foi desenvolvida pelo francês Pierr-Simon Laplace, hoje conhecida como a hipótese de Kant-Laplace.

FICA A DICA: Incentive os alunos a compartilhar seus conhecimentos prévios sobre o Sistema Solar, viagens espaciais e colonização de outros mundos. Aproveitando para mapear os seus conhecimentos a respeito do nosso Sistema Solar, foguetes e satélites, conhecimentos essenciais para o projeto. Você poderá propor para os alunos uma leitura do livro de Júlio Verne, *Da Terra à Lua*.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: Analisar as habilidades que os alunos devem alcançar nessa etapa verificando sua compreensão dos conceitos básicos do Sistema Solar.

2.4 Disponibilizando Tutorial a Respeito da Confeção de Foguetes (4ª Etapa)

CONTEÚDO: Tutorial da Confeção de Foguetes

RECURSOS: Celular ou Filmadora; *Google Classroom*; Duas garrafas PET de 2 litros (Garrafa 01 e Garrafa 02); Fita isolante; Pastas de plástico (escarcelas) para construir as aletas do foguete (asas); um papel de radiografia (Raios-X) ou similar, para a construção do bico; Uma Massa de modelar para dar a sustentação do bico; Uma tesoura média (para cortar o foguete e o balão); Um estilete para furar a garrafa com mais facilidade.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Nesta etapa, deve-se disponibilizar aos alunos um tutorial a respeito da confeção de foguetes desenvolvido pelo professor mediador em que demonstra o passo a passo de cada processo durante a elaboração do protótipo de foguetes.

O tutorial inicia apresentando aos alunos os materiais a serem utilizados na construção dos foguetes. Logo após, o professor mediador determina um prazo aos alunos para a entrega dos primeiros protótipos com base no tutorial.

O professor deverá acompanhar os alunos para que todos concluam com êxito a confecção de seu protótipo, condição necessária para que passe para a próxima etapa.

FICA A DICA: Deve-se organizar os alunos em trios para confeccionarem o foguete de garrafa pet utilizando os procedimentos descritos no tutorial disponível [aqui](#).

Lembrando que essa mesma equipe será utilizada para avaliação e para o lançamento do foguete.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: Avaliar os foguetes confeccionados pelos alunos através das fotos enviadas por cada grupo através da plataforma *Google Classroom* e, em seguida, a avaliação será feita presencialmente no laboratório de ciências da escola, analisando o bico do foguete e as aletas, sendo os principais componentes para a estabilidade do voo.

2.5 Palestra sobre Astronomia (5ª Etapa)

CONTEÚDO: Astronomia

RECURSOS: Plataforma *Google Meet*, Material em PPT, Computador e/ou Ipad.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Nessa etapa você trabalhará os modelos clássicos do Universo grego, enfatizando o modelo de Ptolomeu. A seguir, é indicado apresentar o modelo heliocêntrico de Copérnico, as leis de Kepler e as evidências experimentais que fundamentaram o sistema heliocêntrico. Finalizando, com as leis do movimento e a Lei da Gravitação Universal de Newton, resolve-se o problema de dois corpos através da Teoria do Potencial Efetivo.

FICA A DICA: Trabalhar conceitos de Astronomia e a sua história iniciando o discurso com a Astronomia clássica dos gregos até Isaac Newton. Você deve ressaltar aos alunos que existem outros filósofos gregos muito importantes para o surgimento da Astronomia e que não foram citados nessa etapa. Disponibilize informações complementares aos alunos através do [Drive](#).

AVALIAÇÃO DA ETAPA: A palestra conduzirá os alunos a realizarem uma análise a respeito da Astronomia, na qual se deve enfatizar os principais conceitos e concepções de estudiosos sobre este tema, além de observar os modelos cosmológicos e sua evolução ao longo da História.

2.6 Aula sobre Fundamentação Vetorial (6ª Etapa)

CONTEÚDO: Fundamentação Vetorial

RECURSOS: Plataforma *Google Meet*, Material em PPT, Computador e/ou *Ipad*.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para esta etapa, sugere-se ministrar uma aula a respeito das propriedades vetoriais e a introdução dos conceitos físicos tais como: momento linear, momento angular e torque. Tendo como um intuito a preparação dos alunos para compreender o envolvimento da Física por trás dos lançamentos dos foguetes, assunto este de suma importância para durante o decorrer das próximas etapas do projeto.

FICA A DICA: Utilize o [vídeo](#) que fala sobre os diferentes arcos e suas características, para questionar os alunos sobre uma possível relação entre as flechas disparadas pelo arqueiro, com os conceitos físicos de vetores. Como orientação de respostas, relacione as flechas com o vetor, pois ambos possuem módulo, direção e sentido, tendo em vista a representação gráfica feita por uma seta. Você poderá fazer essa relação com outro exemplo, caso ache mais pertinente.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: A aula deve levar os alunos a realizarem uma análise a respeito da fundamentação teórica apresentada, enfatizado as grandezas: momento linear, momento angular e torque.

2.7 Palestra acerca da Dinâmica dos Foguetes (7ª Etapa)

CONTEÚDO: Dinâmica dos Foguetes

RECURSOS: Plataforma *Google Meet*, Material em PPT, Computador e/ou Ipad.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para esta etapa, há indicativos para mais uma palestra, em que se demonstre as principais concepções sobre Dinâmica dos Foguetes, apontando-se a Modelagem Matemática para as aulas de Física, uma vez que ela pode despertar o interesse dos estudantes, constituindo-se como um fator motivador de aprendizagem; utilizando situações da realidade como espaço de investigação; podendo facilitar a aprendizagem dos alunos.

FICA A DICA: Nessa palestra também deve-se abordar o papel que o momento angular desempenha nas rotações, nas quais apresenta uma semelhança com a quantidade de movimento linear nas translações. Seguindo essa analogia, deve-se ser introduzida a formulação matemática necessária à compreensão da dinâmica orbital de foguetes. Você poderá mostrar um [vídeo](#), para demonstrar a dedução da equação do foguete.

AValiação DA ETAPA: Nesta etapa, os alunos devem realizar uma análise a respeito da fundamentação teórica apresentada para a dinâmica de foguetes.

2.8 Avaliação e Ajustes dos Protótipos de Foguetes (8ª Etapa)

CONTEÚDO: Avaliação e Ajustes dos Foguetes

RECURSOS: Foguetes de garrafa PET confeccionados; Fita isolante; Pastas de plástico (escarcelas), para ajustar as aletas do foguete (asas); Um papel de radiografia (Raio-X) ou similar, para ajustar do bico; Uma Massa de modelar para dar a sustentação do bico; Uma tesoura média (para cortar o foguete); Um estilete para furar a garrafa com mais facilidade.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: De acordo com os protótipos desenvolvidos pelos alunos solicitados na 4ª etapa, você deverá avaliar e realizar os ajustes com bases nas suas orientações.

No desenvolvimento da etapa, são apresentados: conceitos, concepções e fundamentações para uma boa evolução dos protótipos dos foguetes, em que os alunos devem apresentar suas dúvidas junto ao mediador para aprimorar suas construções.

Importante destacar que é nesta etapa que o professor mediador orienta os alunos que não conseguiram realizar os protótipos solicitados na 4ª etapa, repassando as orientações gerais para todos os participantes do projeto.

FICA A DICA: Esteja atento ao trabalho em equipe e permita também que os alunos desenvolvam seus próprios modelos respeitando a aerodinâmica dos foguetes. Lembre-se que foi explicado no tutorial um padrão para confecção dos foguetes, por isso os alunos podem alterar esses padrões.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: Tendo a concretização da confecção do foguete pelos alunos, o professor irá observar todos os foguetes desenvolvidos pelos alunos. Analisando todos os parâmetros (bico, aletas e peso) necessários para uma boa decolagem.

2.9 Lançamento dos Foguetes (9ª Etapa)

CONTEÚDO: Lançamento dos Foguetes

RECURSOS: Foguete de garrafa PET, vinagre, bicarbonato, balão e a base de lançamento.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para a realização desta etapa, é necessário um espaço amplo e aberto, devido ao alcance dos foguetes. No dia do lançamento, as instruções iniciais são passadas pelo professor mediador, que determina a sequência de cada uma das etapas de lançamento.

A primeira orientação repassada é sobre o abastecimento de foguete, no qual os alunos devem introduzir no foguete de garrafa PET os produtos necessários para a reação química. Sendo esses produtos o vinagre (que é uma solução dissolvida de ácido acético, e o bicarbonato de sódio, que é um composto químico neutralizante).

Logo após o abastecimento, os alunos devem ser orientados sobre como acoplar o foguete na base de lançamento e as explicações necessárias para que ocorra a mistura química entre os elementos.

Para que ocorra o lançamento, o professor mediador deve fazer uma explanação sobre a maneira correta e segura para o início da reação química necessária para o lançamento do foguete.

FICA A DICA: A base é formada por duas tábuas de madeiras formando entre si um ângulo de 90° , ou seja, uma abertura máxima. Em uma das tábuas, acopla-se um suporte que sustentará o foguete até o seu lançamento. Para o voo, cria-se um mecanismo de gatilho para liberação do foguete. Este mecanismo formado por dois raios de bicicleta e duas cordas para puxarem esses os gatilhos depois que ocorrer a reação de neutralização (ácido acético e bicarbonato de sódio) após o estouro do balão devido à rotação do engate que prende o foguete na base, a pressão no interior do foguete aumenta até ele poder ser liberado ocorrendo o seu lançamento.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: A avaliação dessa etapa deve ser feita através da análise dos lançamentos de todos os protótipos dos foguetes, observando principalmente o alcance máximo, sua trajetória e a altura máxima atingida.

2.10 Modelagem dos Lançamentos pelo *Tracker* (10ª Etapa)

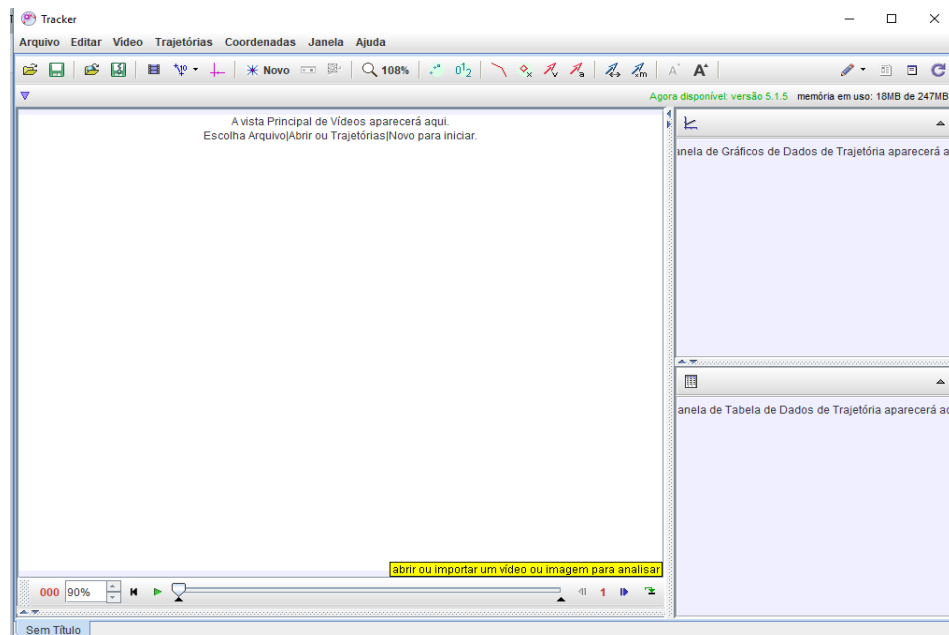
CONTEÚDO: Modelagem dos Foguetes

RECURSOS: *Laptop, tablet, smartphone* e o aplicativo *Tracker*.

ATIVIDADE: A utilização do *Tracker* tem como objetivo analisar a sequência dos movimentos dos foguetes. Estes são modelados pelas capturas de imagens e vídeos em suas trajetórias feitas com câmeras digitais. Ademais, outras ferramentas TICs podem ser utilizadas nesta etapa. A utilização de cabos e circuitos eletrônicos pode ser dispensada na análise de vídeos. Existe também a possibilidade de rastrear objetos no que concerne à posição, velocidade e aceleração; sobrepondo gráficos e filtros de efeitos especiais, pontos de calibração, quadros de referência, perfis de linha para análise dos padrões de espectros e interferência, permitindo a modelagem do movimento de partículas.

Orientação: Observe a imagem depois da instalação.

Figura 1 – Barra de títulos do *Tracker*.



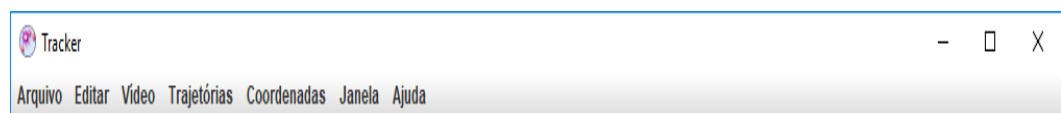
Fonte: O autor.

Elementos da tela inicial conforme a figura acima:

- Barra de Menu;
- Barra de Ferramentas Padrão;
- Janela principal;
- Visualizador de Gráficos;
- Visualizador de Tabelas.

Existem seis opções disponíveis que podem ser utilizadas por comandos no teclado. Observe a figura a seguir.

Figura 2 – Barra de títulos do *Tracker*.



Fonte: o autor.

ARQUIVO

Esta opção tem o objetivo de abrir pastas para busca de vídeos e imagens, abrir um vídeo já existente no computador do usuário ou importar um vídeo de páginas da internet.

É através dela que se tem acesso à biblioteca com experiências baixadas com o programa principal. Também podemos importar e exportar os vídeos a serem analisados, permitindo limitar o conteúdo do *Tracker* a ser salvo.

Na Figura 3 estão os atalhos que podem ser acessados pelo teclado.

Figura 3 – Atalhos da opção do arquivo do *Tracker*.

Arquivo	
Novo	Ctrl + N
Abrir	Ctrl + O
Salvar	Ctrl + S
Importar vídeo	Ctrl + I
Imprimir	Ctrl + P
Sair	Ctrl + Q

Fonte: O autor.

EDITAR

A função desta ferramenta é alterar o idioma padrão, as configurações de vídeo, copiar dados e objetos, apagar elementos do programa como bastão de medição e ponto de massa e tamanho da tela.

Figura 04 – Atalhos da opção do arquivo do *Tracker*.

Editar	
Desfazer	Ctrl + Z
Refazer	Ctrl + Y
Colar	Ctrl + V

Fonte: o autor.

VÍDEO

Substitui o vídeo analisado, além de ocultá-lo, ou executá-lo em câmera lenta.

TRAJETÓRIAS

Controla, exhibe ou oculta as ferramentas do programa que aparecem no vídeo.

COORDENADAS

Oferece opções sobre as unidades de medida utilizadas pelo programa.

JANELA

Apresenta opções de inserir notas e ocultar as janelas de gráfico e tabelas.

AJUDA

Esta opção tem a finalidade de orientar o usuário para sanar determinadas dúvidas sobre as informações do programa.

Figura 5 – Atalhos da opção do arquivo do *Tracker*.

Ajuda	
Ajuda	Ctrl + H
Registro de Mensagens	Ctrl + L

Fonte: o autor.

BARRA DE FERRAMENTAS PADRÃO

Exibe os comandos mais utilizados do **Tracker**, conforme a figura abaixo.

Figura 6 – Barra de ferramentas do Tracker.

Fonte: O autor.

Oferece opções para abrir o arquivo do *Tracker*, salvar, marcar o início e o fim do vídeo, inserir a ferramenta de medida, coordenar o eixo, nova trajetória, mostrar ou ocultar o



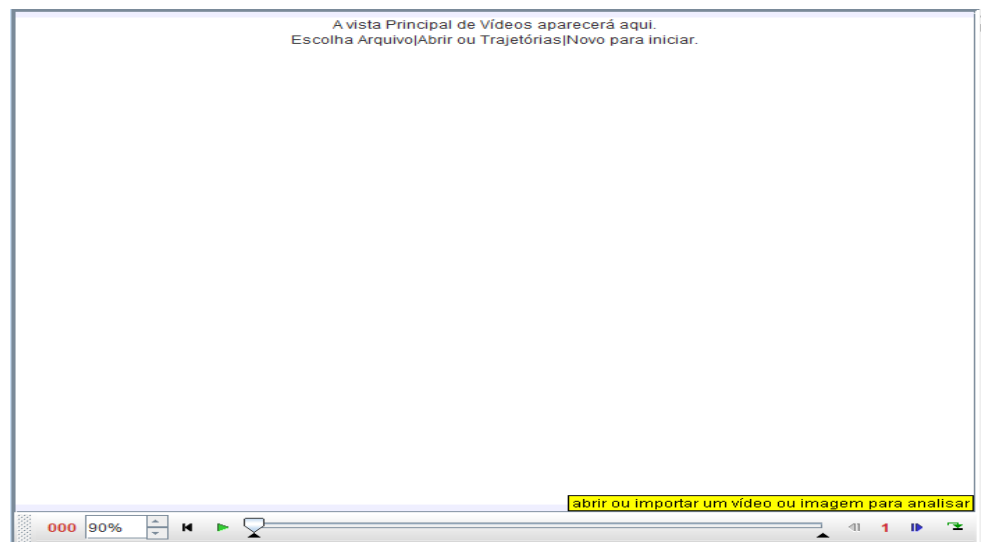
controle da trajetória, mostrar o *Auto Tracker* (marca automática por pontos), aproximação do vídeo, linhas e *tags* para marcação e exibição de vetores.

JANELA PRINCIPAL

A janela está disposta no final do marcador de imagem. Nela contém o contador de porcentagem de velocidade do vídeo, que aparece em vermelho; o botão para retornar à imagem marcada como original, o botão *play*, o separador de imagem e opções para decidir quantas imagens se deseja melhorar em cada indicador de volume, representando o objeto em cada imagem do vídeo.

Na Figura 7, podemos observar a janela principal do vídeo a ser trabalhado.

Figura 7- janela principal do *Tracker*.

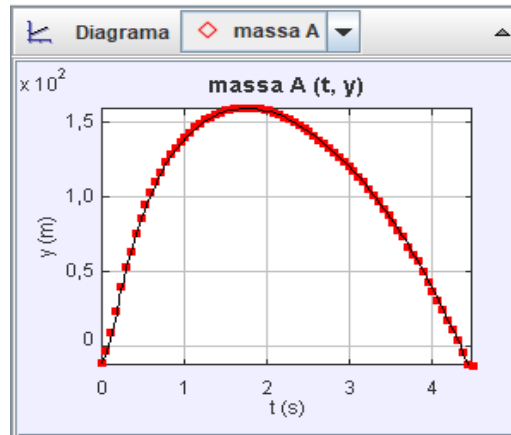


Fonte: O autor.

VISUALIZADOR DE GRÁFICOS

Exibe instantaneamente os gráficos do vídeo reproduzido pelo *Tracker*. Você pode escolher a grandeza a exibir.

Figura 8- visualização do gráfico do *Tracker*.



Fonte: O autor.

VISUALIZADOR DE TABELAS

Os dados digitais coletados nos pontos de marcação durante a análise de vídeo são exibidos, mostrando apenas o tempo e a posição (eixo y vertical), outras grandezas podem ser escolhidas.

Figura 9- Exemplo de visualização da tabela do *Tracker*.

Dados			
massa A			
Gaps			
t (s)	x (m)	y (m)	
0,000	270,2	-10,91	
0,060	263,4	-3,408	
0,120	254,6	9,542	
0,180	248,3	23,44	
0,240	242,3	39,53	
0,300	236,2	53,16	
0,360	230,7	63,39	
0,420	228,0	74,97	
0,480	226,6	85,20	
0,540	224,6	94,74	
0,600	222,5	102,9	
0,660	219,8	109,7	
0,720	217,1	116,5	
0,780	213,7	123,4	
0,840	211,1	129,2	

Fonte: O autor.

Clicar com o botão direito em uma tabela ou gráfico abre uma janela de opções que permite coletar (copiar) valores ou analisá-los no ambiente do *Tracker*.

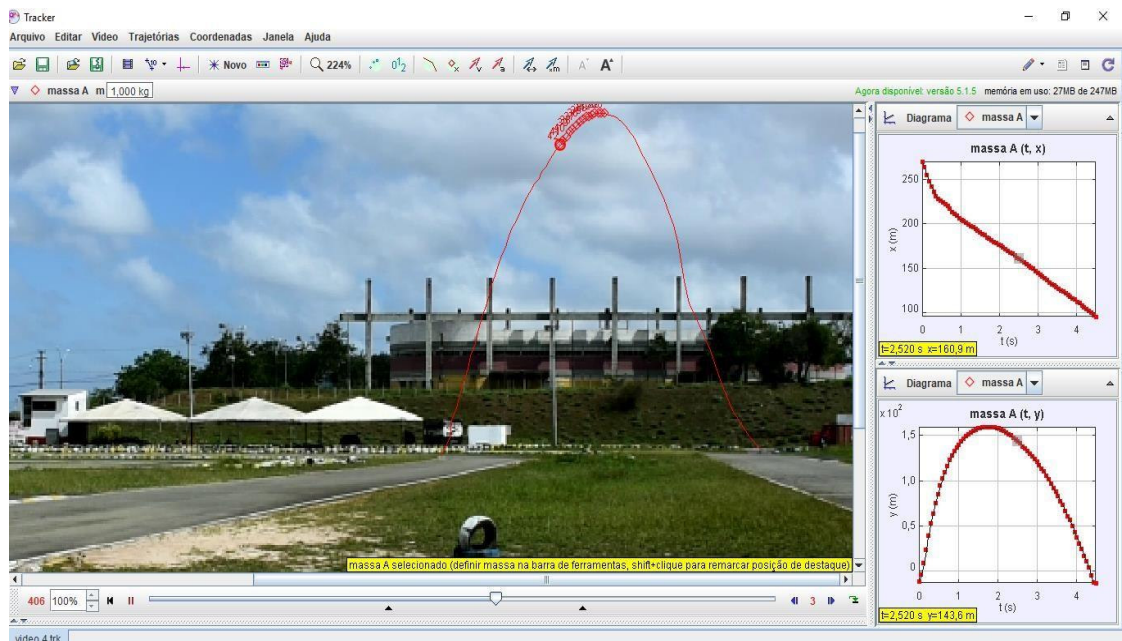
10.2.1 GRAVAÇÃO DE VÍDEO E OS PROCEDIMENTOS COM O *TRACKER*

O posicionamento da câmera deve ser perpendicular ao plano de lançamento, com, no mínimo, dois arremessos. Na primeira, estima-se o alcance máximo atingido e a câmera é configurada para capturar o movimento ao longo de todo o caminho, posicionando-a no centro do alcance máximo.

No local de lançamento, uma fita métrica ou outro instrumento de medição deve ser usado para informar ao *Tracker* dos valores de alcance máximo a serem usados como dados de processo.

Após gravar ao vídeo, o professor deve importá-lo para o programa usando o link do arquivo - Importar. A próxima etapa é determinar qual quadro inicia o movimento analisado por meio da opção “Ajuste de corte de vídeo” e, em seguida, inserir o eixo de coordenada cartesiana. Em seguida, usando o controle do medidor, a régua será marcada, anunciando sua medição quantitativa. Finalmente, deve-se inserir os pontos de massa (objetos filmados em cada quadro) necessários para o experimento.

Figura 10 - *Tracker* em um vídeo já com bastão de medição



Fonte: O autor.

Para iniciar a análise do vídeo, pressione a tecla *Shift* e o ponteiro do mouse mudará, assumindo a forma de um quadrado com uma marca no centro, como uma cruz. Mantendo esta tecla pressionada, o usuário deve selecionar um ponto no objeto de estudo e

certificar-se de sempre marcar este ponto à medida que os *frames* são enriquecidos. Este é o processo mais demorado para o usuário.

Portanto, aqui está uma análise detalhada de como usar o *Tracker*, desde tirar fotos e transferir arquivos para um computador, abrir o programa e marcar pontos, resultando em diagramas de movimento e tabelas de movimento do objeto a ser analisado.

AVALIAÇÃO DA ETAPA: A avaliação dessa etapa deve ser feita através da análise de vídeo e modelagem do lançamento do foguete de garrafa PET.

2.11 Formulário de Avaliação do Projeto (11ª Etapa)

CONTEÚDO: Astronomia

RECURSOS: *Google Forms*

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para esta etapa, entrega-se um formulário aos alunos, que pode ser aplicado presencialmente ou através das plataformas digitais. Tal avaliação tem como objetivo avaliar o desenvolvimento do projeto, a abordagem e as metodologias.

FICA A DICA: Como sugestão para o questionário de finalização do projeto, apresento as questões elaboradas com o objetivo de avaliação do projeto:

01- Qual foi seu nível de satisfação com o projeto?

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

02- Qual a sua opinião sobre o projeto?

Tempo de duração do projeto:

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

Tempo de duração das etapas:

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

Temas abordados:

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

Conteúdo ministrado:

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

Metodologia ministrada:

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

03- A sequência didática desenvolvida ao longo do projeto pelo professor:

Proporcionou o entendimento de cada um dos temas abordados?

a) sim b) não

Foi organizada e bem elaborada pelo professor?

a) sim b) não

Está de acordo com os temas abordados?

a) sim b) não

A parte teórica teve uma boa compreensão?

a) sim b) não

A parte prática teve uma boa compreensão?

a) sim b) não

04- A teoria e a prática desenvolvida pelo professor ao longo do projeto:

Foi importante para o seu aprendizado?

a) sim b) não

Contribuíram em seu conjunto para a melhoria do aprendizado?

a) sim b) não

05- A estratégia utilizada estimulou mais ainda a sua participação no projeto?

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

06- A sua participação no projeto possibilitou uma melhor compreensão científica acerca do Sistema Solar?

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

07- A mudança de estratégia durante a pandemia foi adequada?

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

08- Como você avalia a sua participação no projeto?

a) excelente b) bom c) regular d) ruim

09- O que poderia ser melhorado no projeto e quais as modificações seriam adequadas?**10- A atividade desenvolvida no projeto foi importante para o seu engajamento e motivação para estudar física? Explique por quê?**

AVALIAÇÃO DA ETAPA: Para essa etapa, busca-se avaliar o projeto no que se refere à sequência didática aplicada, com o objetivo de constatar que esta obteve ou não uma boa aceitação por parte dos alunos e se estes puderam compreender os conceitos tratados com esta prática, chegando ao produto – a confecção do foguete.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, Denise Lino de. **O que é (e como faz) sequência didática?** Entrepalavras, Fortaleza- CE. V.3, n.1, p. 322-334. 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/15062068/Artigo_O_QUE_E_E_COMO_FAZ_SEQUENCIA_DIDATICA_Denise_Lino_de_Araujo. Acesso em: 18 de ago 2020.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental – Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

_____. **Ensino de Física**. Coleção ideias novas. SÃO Paulo: Cengage, 2020.

CAMARGO, Wagner Mendonça; BOSSLE, Rafael Zanoni. **Sequência didática: o lúdico como ferramenta de auxílio ao ensino de matemática**. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1209-1-4795-1-10-20161215.pdf>. Acesso em: 18 de ago 2020.

INVESTSP - Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade. **Aeroespacial e Defesa**. 2013. Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/aeroespacial-e-defesa/>>. Acesso em: 20 de dez 2019.

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Alberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física os Fundamentos da Física**. São Paulo: Moderna, 2009.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência didática interativa no processo de formação dos professores**. São Paulo: Vozes, 2019.

PINTO NETO, Antônio. **Formulação Newtoniana da Mecânica**. Notas de aula da disciplina Mecânica Teórica I. Universidade Federal do Maranhão, C-II, p. 01- 05, 2003.

TROGELLO, Anderson Giovanni. **Objetos de Aprendizagem**: uma sequência didática para o ensino de Astronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em:<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1251/1/PG_PPGECT_M_Trogello%2C%20Anderson%20Giovani_2013.pdf>. Acesso em: 07 de fev. 2020.

SCHMIEDECKE, W.G.; SILVA, M.P.C.; SILVA, W.M. A história da ciência na composição de sequências didáticas: possibilidades trabalhadas em um curso de licenciatura em física. In: XIX **Simpósio Nacional de Ensino de Física** – SNEF. Anais. Manaus, AM, 2011. p. 1-10. Disponível em: Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.