



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**LUÍS HENRIQUE MENDES DE SOUZA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE LANÇAMENTO DE SATÉLITES  
E DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

Ponta Grossa - Fevereiro de 2024

**LUÍS HENRIQUE MENDES DE SOUZA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE LANÇAMENTO DE SATÉLITES  
E DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Ponta Grossa - Fevereiro de 2024

S729 Souza, Luís Henrique Mendes de  
Sequência didática para o estudo de lançamento de satélites e do Sistema de Posicionamento Global / Luís Henrique Mendes de Souza. Ponta Grossa, 2024. 109 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva.

1. Lançamento - satélite. 2. Sistema - Posicionamento Global. 3. Foguetes. 4. GPS. 5. Ensino de física. I. Silva, Silvio Luiz Rutz da. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

**TERMO  
DE APROVAÇÃO**

**LUÍS HENRIQUE MENDES DE SOUZA**

**“SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE LANÇAMENTO DE SATÉLITES E DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 23 de fevereiro de 2024.

Membros da Banca:

Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva (UEPG/MNPEF) – Presidente

Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG/MNPEF)

Dr. Celso de Araújo Duarte (UFPR)



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Luiz Rutz da Silva, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional**, em 23/02/2024, às 16:18, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Sergio Magalhaes de Castro, Professor(a)**, em 23/02/2024, às 19:14, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CELSO DE ARAUJO DUARTE, Usuário Externo**, em 23/02/2024, às 20:35, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **1843214** e o código CRC **6DE8B605**.

Dedico esta dissertação as luzes mais lindas e brilhantes da minha vida, meus filhos, João Henrique e José Luís. Vocês são meus maiores sucessos. Amadureçam e evoluam com sabedoria, liberdade, amor e fraternidade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por todos os dons e todas as bênçãos recebidas.

Minha eterna gratidão e admiração à minha mãe Rosângela e meu pai Luís, que me ensinaram valores e virtudes que me norteiam desde sempre. Sou um privilegiado por ter vocês como meus pais. Vocês são vitoriosos na vida e exemplo como mãe e pai. Obrigado por estarem sempre ao meu lado. Agradeço a meu irmão Luís Gabriel, que sempre acreditou em mim.

Gratidão à valorosa e amada esposa Charlyanne por suas contribuições e é responsável por trazer ao mundo meus maiores sucessos, João Henrique e José Luís, eu os amo com tudo que sou. Obrigado por serem inspiração para minha vida.

Sinto-me grato a todos os professores que tive em minha vida, de uma forma ou outra, me ensinaram caminhos a seguir e caminhos a desviar. Aos professores mais recentes, em primeiro lugar, meu orientador e considerado amigo, Silvio Luiz, que a cada orientação me proporcionou preparo e tranquilidade. Agradeço também aos professores da pós graduação da UEPG, Antônio Sergio, Gerson, André Vitor e André Brinatti.

Aos professores da minha graduação, Celso, Evaldo, Sergio Camargo, Ivanilda, Elizabeth, Damásio, Claudio, Dante, Marlus e Lauro. A diretora Denise Rocha, Coordenador Marlon e todos os colegas e estudantes do Colégio Estadual Conselheiro Carrão em Curitiba – PR, que me possibilitou a aplicação e validação deste produto educacional. Obrigado a todos os alunos do 3ºA, que ao fim do ano tornaram-se meus amigos.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, como um todo, o Depto. de Física e o Programa de Mestrado que me acolheram como aluno. Agradeço a todos os professores e equipe que participou da minha vida estudantil em meu ensino básico, público e de qualidade do Colégio Estadual Professor Júlio Mesquita. Agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram direta ou indiretamente para meu sucesso acadêmico e profissional, nem todos seriam lembrados nessas linhas, mas certamente tem meu reconhecimento e gratidão.

A Sociedade Brasileira de Física - SBF e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001, que reconheceram e apoiaram este projeto. .

“Se um homem tem muitas certezas, certamente terminará com dúvidas, mas um homem que tem muitas dúvidas, encontrará muitas certezas”.

(Francis Bacon)

“As crianças podem ouvir ou não o que você diz, mas elas sempre vão perceber o que você faz ou não faz”.

(Howard Gardner)

## RESUMO

O trabalho foi desenvolvido em um colégio de ensino “regular” da rede pública estadual em Curitiba-PR, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa. O projeto visou aplicar um produto educacional que integrasse o lançamento de satélites e o Sistema de Posicionamento Global (GPS) ao ensino de Física. Utilizando-se de conceitos básicos de Física e o Google Maps, o estudo incorporou elementos de RPG para engajar os alunos no tema, culminando na utilização de um simulador para determinar os melhores parâmetros de lançamento de satélites. A questão-problema central do estudo é: "Como melhorar o ensino e a aprendizagem dos conceitos físicos relacionados ao lançamento de satélites e ao funcionamento do GPS?". O objetivo geral foi investigar, desenvolver e avaliar abordagens de ensino que melhorem a compreensão e a aprendizagem desses conceitos entre os estudantes. Os objetivos específicos incluíram o desenvolvimento de uma sequência didática “relevante”, a implementação dessa sequência em sala de aula, a avaliação do impacto da sequência didática no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, e a investigação da percepção dos estudantes sobre o tema e a relevância prática dos conceitos físicos abordados. O produto educacional, denominado "Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)", foi uma sequência didática aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio, utilizando o formato de RPG. Neste contexto, os alunos assumiram papéis de oficiais cientistas responsáveis pelo lançamento de satélites, sendo minimamente orientados por um docente. Este método promoveu uma experiência de aprendizagem imersiva e significativa. Os resultados e discussões, discorrem sobre as contribuições observadas durante a aplicação do projeto, incluindo autocrítica e depoimentos dos estudantes envolvidos. As considerações finais reiteram a análise das potencialidades do trabalho, sua projeção e aplicação futura, constituindo um relato reflexivo sobre as contribuições do estudo.

Palavras-chave: Lançamento de satélites, GPS, Ensino de Física.



## ABSTRACT

The work was carried out at a state public school in Curitiba, PR, as part of the National Professional Master's Degree in Physics Teaching at the State University of Ponta Grossa. The project aimed to apply an educational product integrating satellite launches and the Global Positioning System (GPS) to physics teaching. Using basic physics concepts and Google Maps, the study incorporated role-playing elements to engage students in the subject, culminating in using a simulator to determine the best satellite launch parameters. The study's central problem question is: "How can we improve the teaching and learning of physics concepts related to satellite launches and GPS operation?". The general objective was to investigate, develop, and evaluate teaching approaches that improve students' understanding and learning of these concepts. The specific objectives included: developing a relevant didactic sequence; implementing this sequence in the classroom; evaluating the impact of the didactic sequence on students' cognitive development and investigating students' perceptions of the topic and the physical concepts' practical relevance. The educational product, "*Top Secret Aerospace Mission* (T.S.A.M.)," was a didactic sequence applied to a third-year high school class using the RPG format. In this context, the students took on the roles of scientific officers responsible for launching satellites, with minimal guidance from a teacher. This method promoted an immersive and meaningful learning experience. The results and discussions discourse the contributions observed during the application of the project, including self-criticism and testimonials from the students involved. The final considerations reiterate the analysis of the work's potential, projection, and future application, constituting a reflective account of the study's contributions.

Keywords: Satellite Launch, GPS, Physics Teaching.

## ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Competências Gerais descritas na BNCC.

Figura 2 - Howard Gardner.

Figura 3 - Tipos de Inteligências Múltiplas.

Figura 4 - Trilateração de Satélites.

Figura 5 - Centro de Lançamentos de Alcântara – MA.

Figura 6 - Satélite GPS - SVN-63.

Figura 7 - Onda Eletromagnética.

Figura 8 - Isaac Newton e a Gravitação Universal.

Figura 9 - Ludwig Prandtl.

Figura 10 - Esquema de Lançamento de Satélite.

Figura 11 - Print da tela inicial da simulação PhET.

Figura 12 - Print da tela da simulação PhET do movimento de projétil.

Figura 13 - Print da tela da simulação PhET para a determinação de parâmetros para a bala de canhão.

Figura 14 - Miniaturas espaciais.

Figura 15 - Alunos durante a aplicação do produto.

Figura 16 - Alunos usando o simulador PhET.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equações e Conceitos.

Quadro 2 - Cartão de Operações - Secreto.

Quadro 3 - Cronograma de Aplicação.

## LISTA DE SIGLAS

UFPR	Universidade Federal do Paraná.
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.
CNC	Comando Numérico Computadorizado.
CRIN	<i>Common Rail Injector</i> “tipo N”.
PUC	Pontifícia Universidade Católica.
CNH	<i>Case New Holand.</i>
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência.
CAPES	Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
UFMA	Universidade Federal do Maranhão.
PSS	Processo Seletivo Simplificado.
CEEBJA	Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos.
SESI	Serviço Social da Indústria.
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa.
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.
BNCC	Base Nacional Curricular Comum.
GPS	<i>Global Positioning System.</i>
RPG	<i>Role Playing Game.</i>
EUA	Estados Unidos da América.
SPS	Serviço de Posicionamento Padrão.
PPS	Serviço de Posicionamento Preciso.
DoD	<i>Department of Defense.</i>
M.A.U.S	Missão Aeroespacial Ultra Secreta.
ABIN	Agência Brasileira de Inteligência.
AEB	Agência Espacial Brasileira.
G.I.S	Grupo de Inteligência Secreto.
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara.
SIA	Satellite Industry Association.
SVN	<i>Space Vehicle Number.</i>
PhET	<i>Physics Education Technology.</i>

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS	19
1.1 TRABALHO CONTEMPLADO NA BNCC	19
1.2 TEORIA EDUCACIONAL DAS MÚLTIPLAS INTELIGÊNCIAS	22
CAPÍTULO 2 - FÍSICA DOS SATÉLITES E DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL	28
2.1 LANÇAMENTO DE SATÉLITES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL	28
2.2 FÍSICA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL	30
2.3 O LANÇAMENTO DE SATÉLITES	32
CAPÍTULO 3 - O PRODUTO EDUCACIONAL	34
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	48
4.2 RELATO DOS ESTUDANTES	53
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE I	60
Listagem das Fontes das Figuras Usadas no Texto	60
APÊNDICE II	62
Produto Educacional: Missão Aeroespacial Ultra Secreta <b>(M.A.U.S.)</b>	62
APÊNDICE III	92
Planos de Aula da Sequência Didática	92

## INTRODUÇÃO

Minha formação básica e ensino médio foram realizados em escola pública estadual, no Colégio Estadual Professor Júlio Mesquita, e a graduação, em universidade pública federal, mais especificamente na UFPR. Com 15 anos, em paralelo ao ensino médio e após aprovação em processo seletivo, cursei Mecânica Automotiva no SENAI, como Menor Aprendiz. No ano seguinte à conclusão do ensino médio, ingressei novamente no SENAI, desta vez para cursar um curso técnico pós-médio em Técnico em Mecatrônica. O curso foi concluído com um estágio supervisionado realizado na empresa Bosch (2004-2006), atuando na Usinagem (Automática e CNC) da carcaça da bomba “P” e Usinagem dura do corpo do Common Rail Injector tipo “N” (CRIN), na Cidade Industrial de Curitiba.

Em 2005, iniciei uma graduação na PUC-PR em Engenharia Mecatrônica - Controle e Automação. Permaneci por um ano e meio, mas fui forçado a trancar o curso devido a dificuldades financeiras. Em 2007, comecei a trabalhar na Case New Holland (CNH), atuando no setor de usinagem (CNC) da transmissão de tratores, onde permaneci até 2014.

Em 2008, iniciei minha graduação em Licenciatura em Física na Universidade Federal do Paraná. Em 2011, participei como bolsista do PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, mantido pela CAPES em parceria com a UFPR, de abril de 2011 a dezembro de 2013. Em dezembro de 2012, apresentei um Relato de Experiência sobre energia solar, intitulado “Energia Solar, Uma Proposta CTSA e Interações Com a Eletricidade”, na Cidade Universitária da UFMA, em São Luís – MA. Este trabalho foi apresentado no III Encontro Nacional das Licenciaturas e II Seminário Nacional do PIBID.

Meus estágios obrigatórios também foram muito proveitosos. Tive excelentes orientadores, com os quais aprendi muito sobre a docência, dentro e fora de sala de aula. Os estágios foram realizados em escolas públicas da rede estadual, atuando sempre no ensino médio.

Minhas experiências profissionais em docência efetivamente começaram em 2015, como PSS (Professor do Processo Seletivo Simplificado) no CEEBJA – Paulo Freire e no Instituto de Educação do Paraná. Em 2018, atuei no Colégio Estadual do Paraná e no CEEBJA – Poty Lazzarotto. Em 2019, trabalhei no Colégio Estadual Anibal Kury Neto, CEEBJA – Paulo Leminski e no Colégio SESI Internacional de

Curitiba. Em 2021 e 2022, estive no Colégio Estadual Conselheiro Carrão e, em 2023, no Colégio Estadual Cecília Meireles.

No início de 2019, durante a convocação do PSS para apresentação de documentos, devido à classificação similar no processo seletivo, reencontrei meu colega de graduação, Ricardo. Ele me inspirou com relatos positivos sobre o Mestrado que cursava na UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Pedi que me avisasse sobre novos processos seletivos, pois tinha interesse em ingressar no MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Meu amigo atendeu ao meu pedido e, assim que soube do processo seletivo, me comunicou. Iniciei, então, minha jornada no mestrado, começando as aulas no fim do primeiro trimestre de 2020. Devido à pandemia de COVID-19, tivemos apenas um encontro de aula presencial, que foi marcante e sempre guardarei na memória. Estávamos todos empolgados com o início das aulas e foi o momento de conhecer os principais professores do mestrado. De Curitiba, saímos juntos: eu, Ricardo e Rondineli.

Três amigos professores de Física, graduados pela UFPR. O Ricardo, já na fase mais adiantada do mestrado, compartilhava histórias sobre os professores que o inspiravam. Eu e o Rondineli ouvíamos atentamente. Ficamos hospedados em uma casa de família centenária em Ponta Grossa e retornamos no sábado, cansados e felizes, debatendo sobre as aulas e esboçando formar uma equipe de professores comprometidos com a educação de qualidade.

Na semana seguinte, as universidades fecharam devido à pandemia, e nossas aulas presenciais foram suspensas. Foram momentos difíceis e, por vezes, muito amargos. Mas aqui estamos. Impelido pelo desejo de evoluir, e sabendo do grande desafio enfrentado por docentes de física, incluindo a falta de motivação e interesse dos alunos que devido a estimulação excessiva de informações com qualidades diversas. Como indivíduo em fase transitória de amadurecimento, o aluno com frequência não tem a capacidade necessária para filtrar e separar realmente as informações e conhecimentos mais necessários para sua evolução acadêmica.

O objetivo do Mestrado vem da necessidade de aprimoramento acadêmico, para assim contribuir de forma mais assertiva e efetiva no ensino, aprendendo, pesquisando, desenvolvendo e aplicando antigas e novas soluções de modo que possa motivar e, por que não, inspirar os alunos. Talvez seja uma ideia ambiciosa, servir como inspiração para outros meios educacionais, transportando novas

abordagens para outras instituições de ensino público, abandonando o discurso de vitimismo, reclamação e desabafo, tão comum entre docentes, viabilizando uma ferramenta palpável e eficiente.

Durante a graduação, mais especificamente cursando a disciplina de Física da Tecnologia, ministrada pelo professor Marlus, um dos modos de avaliação era a escrita de um artigo e a apresentação de um seminário sobre temas envolvendo tecnologia e física. O saudoso colega Ricardo ficou com a temática do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Ele apresentou um ótimo trabalho, que me inspirou a desenvolver, como forma de homenagem ao colega, uma microaula, já na pós-graduação, com a mesma temática. Infelizmente, a microaula não foi um completo sucesso e recebeu críticas merecidas por parte dos professores.

No semestre seguinte, veio a oportunidade de redenção, quando foi pedido que os acadêmicos retomassem as microaulas da disciplina anterior e as expandissem para aulas completas. No decorrer dessas aulas, os professores Silvio e André Vitor apresentaram suas aulas como inspiração.

O professor Silvio utilizou o simulador Tinkercad de modo que a aula experimental se tornou atraente e dinâmica. Já o professor André Vitor fez uma aula no estilo RPG, envolvendo todos de forma impressionante. Essas aulas serviram de inspiração e me guiaram ao desenvolvimento de uma sequência didática sobre GPS no estilo RPG. Após a apresentação, os professores disseram que eu tinha um belo produto educacional em mãos.

Aquele feedback me deixou com uma dúvida entre seguir o plano inicial para o produto educacional ou utilizar esta nova ideia, que já tinha sido testada e aprovada pelos professores da pós-graduação. Confesso que não foi uma decisão difícil e, conversando com o orientador, o caminho ficou claro: seguimos com o planejamento de uma sequência didática.

Em um tempo não tão distante, quando era necessário se deslocar de um ponto a outro, utilizavam-se mapas, listas telefônicas e, principalmente, conversas com outras pessoas para adquirir conhecimento sobre localizações e destinos. Era comum, ao ter algum compromisso, como uma consulta médica em um bairro distante, indagar por telefone o nome da rua, um ponto de referência e qual transporte público atendia à locomoção na região em questão.

Com a chegada dos sistemas de geolocalização, esses problemas do dia a dia foram mitigados, sendo necessário apenas inserir no sistema o endereço



desejado. As opções de locomoção aparecem automaticamente já com o tempo previsto de deslocamento, possibilitando assim um planejamento de vida muito mais eficiente, pois o sistema é constantemente atualizado, levando em conta o movimento das vias utilizadas e traçando novas rotas a fim de otimizar o trajeto.

É de consenso geral que a mobilidade urbana e as viagens em geral ficaram mais fáceis e eficientes graças a esta ferramenta profundamente difundida e popularizada. A questão é que as pessoas estão utilizando uma tecnologia sem fazer a mínima ideia de como ela foi concebida, como funciona, quais as fragilidades do sistema, como o sistema se mantém ativo e se demanda de algum tipo de manutenção e atualização. Assim este trabalho tem por tema o ensino e a aprendizagem de conceitos físicos envolvendo para o lançamento de satélites e o sistema de posicionamento global (GPS).

A questão problema é: "Como podemos melhorar o ensino e a aprendizagem dos conceitos físicos envolvendo o lançamento de satélites e o funcionamento do sistema de posicionamento global (GPS) para tornar esses tópicos mais acessíveis e relevantes para os estudantes e prepará-los para compreender as tecnologias espaciais e de localização em constante evolução?"

Esta questão problema pode ser explorada, analisando métodos de ensino, estratégias pedagógicas, uso de tecnologia educacional e abordagens interdisciplinares que podem aprimorar o entendimento dos estudantes sobre os conceitos físicos por trás do lançamento de satélites e do funcionamento do GPS, tornando o ensino mais eficaz e envolvente. Assim, tem-se por objetivo geral investigar, desenvolver e avaliar abordagens de ensino que melhorem a compreensão e a aprendizagem de conceitos físicos relacionados ao lançamento de satélites e ao funcionamento do GPS entre estudantes.

A partir deste, a direção principal da pesquisa se concentrará em investigar estratégias pedagógicas para melhorar a compreensão dos conceitos físicos, bem como avaliar o impacto destas na aprendizagem dos estudantes, o que conduz aos seguintes objetivos específicos:

a) Desenvolver uma sequência didática que incorpore conceitos físicos relevantes e práticos relacionados ao lançamento de satélites e ao funcionamento do GPS;

b) Implementar a sequência didática em uma sala de aula ou ambiente de ensino, coletando dados sobre a aprendizagem dos estudantes e a eficácia das estratégias utilizadas;

c) Avaliar o impacto da sequência didática no desenvolvimento de habilidades cognitivas, como resolução de problemas e pensamento crítico, em relação aos conceitos de lançamento de satélites e GPS;

d) Investigar a percepção dos estudantes em relação ao tema, e sobre a relevância prática dos conceitos físicos abordados na sequência didática.

Esses objetivos específicos permitem avaliar a eficácia da sequência didática e sua influência na compreensão e no interesse dos estudantes com relação aos conceitos físicos envolvidos, lançamento de satélites e ao funcionamento do GPS.

Apresentando, a estruturação da dissertação, iniciada com a introdução, na qual discorre-se sobre a trajetória acadêmica e profissional do mestrando, até o ingresso no mestrado, a concepção do projeto educacional, questão central do trabalho e os objetivos do produto.

Na sequência, no capítulo 1, são descritos os referenciais teóricos e metodológicos que estiveram presentes e serviram “de farol” para o desenvolvimento do projeto e sua aplicação, sempre levando em conta a contemplação do trabalho pela BNCC, a teoria das múltiplas inteligências assim como sua descrição. Apresenta-se também alguns elementos relativos à gamificação e ao RPG no ensino de física.

O capítulo 2, aborda a física dos satélites e o Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System – GPS), explicando a física envolvida no lançamento de foguetes, e uma investigação mais detalhada sobre a física envolvida no GPS. É um capítulo predominantemente conceitual que aborda também as equações.

O capítulo 3 é destinado completamente ao produto educacional de forma expandida, aprofundada e fundamentada, em um formato descritivo e minucioso do produto educacional que foi utilizado com os alunos. É um capítulo especial pois nele encontra-se a essência do trabalho.

No capítulo 4, Resultados e Discussões, encontram-se as ponderações a respeito das contribuições observadas durante a aplicação do projeto, assim como uma autocrítica sobre o trabalho. Além disso, apresenta-se alguns depoimentos dos estudantes que vivenciaram a aplicação da sequência didática.

No capítulo 5, Considerações Finais, ocorre o fechamento do projeto, onde é feita uma análise das potencialidades do trabalho, da sua projeção e aplicação para o futuro. É um importante relato reflexivo a respeito de tudo que o trabalho pode oferecer após sua conclusão.

## CAPÍTULO 1 - REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

### 1.1 TRABALHO CONTEMPLADO NA BNCC

O estudo da Física torna-se cada dia mais dinâmico e moderno. No entanto, os estudantes frequentemente sentem-se desmotivados e, por vezes, desinteressados. Sabendo disso e atuando em um contexto adverso, onde os alunos vivem em situações carentes e até mesmo de abandono social, os desafios e recompensas ao docente possuem dimensões extremamente relevantes e igualmente estimulantes.

Seguindo o que está previsto na BNCC (Brasil, 2018, p. 550), a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada de modo a aproximar os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais, relatar, avaliar e comunicar conclusões bem como desenvolver ações de intervenção, partindo de dados experimentais coletados de forma prática.

O protagonismo dos alunos deve ser estimulado e aplicado nos processos, práticas e aperfeiçoamento do conhecimento científico e tecnológico. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico, proporcionando, ao estudante a identificação e a utilização de unidades de medida adequadas para diferentes grandezas; ou, ainda, o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico.

Das competências específicas abordadas na BNCC, o pensamento científico, crítico e criativo, tem uma ligação direta com a sequência didática apresentada neste trabalho, pois, analisa e utiliza de interpretações sobre a dinâmica do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução do Universo, e fundamenta e defende decisões éticas e responsáveis.

Sobre as competências gerais, temos na Figura 1, o significado e objetivo respectivo de cada competência geral.

Figura 1 - Competências Gerais descritas na BNCC.



2

Fonte: Instituto Porvir (2022, p. 2)

Quanto aos objetivos de aprendizagem, no que tange ao conteúdo abordado, segundo a BNCC, podemos ressaltar, o movimento de corpos celestes, neste caso, dos satélites artificiais, e a lei da gravitação universal, por meio de equações com o uso de recursos digitais.

É imperativo o conhecimento dos limites da ciência, assim como seu potencial quando se trata de realizar previsões (relativas ao movimento da Terra no espaço, o lançamento ou movimento de um satélite, a queda de um corpo no nosso planeta ou mesmo a avaliação das mudanças climáticas a médio e longo prazos, entre outras). A ideia de conhecer um pouco do futuro próximo ou distante pode fornecer alguns elementos cruciais para a evolução científica.

Os estudantes devem ser estimulados a construir representações ou protótipos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros), que possibilitem fazer projeções e avaliar impactos futuros considerando contextos atuais. Podem ainda ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a: modelos atômicos, subatômicos e

cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; e previsão do tempo.

Sobre as habilidades (e seus respectivos códigos de identificação) descritas na BNCC (Brasil, 2018, p. 557), ficam evidentes neste trabalho, as seguintes:

- (EM13CNT201) “Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente”.
- (EM13CNT202) “Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros)”.
- (EM13CNT203) “Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros)”.
- (EM13CNT204) “Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros)”.
- (EM13CNT205) “Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências”.

## 1.2 TEORIA EDUCACIONAL DAS MÚLTIPLAS INTELIGÊNCIAS

O uso de teorias educacionais torna-se imprescindível para a construção e aplicação adequada de um produto educacional, tendo em vista que norteiam o desenvolvimento do trabalho. A escolha adequada para cada trabalho deve ser levada em conta para uma aplicação natural e harmoniosa do conteúdo em questão. No que tange a essa aplicação, foi optado pela utilização dos conceitos das múltiplas inteligências devido à grande variedade de atividades envolvendo uma diversidade de habilidades a serem exploradas.

O psicólogo norte-americano Howard Gardner (Figura 2) percebeu que a educação não é um processo uniforme e que existe uma pluralidade de intelectos, ou seja, a inteligência pode se expressar de várias maneiras. Assim sendo, sem grande esforço mental, nota-se que o sistema educacional, geralmente, costuma ignorar este fato, causando desconforto e incômodo para quem está aprendendo e contribuindo para índices de evasão escolar, assim como sendo um fator relevante para apontar os números de rendimento. Em 1994, Howard Gardner (Figura 2) publicou sua teoria no livro “Estruturas da Mente: a Teoria das Inteligências Múltiplas” (Gardner, 1994).

Figura 2 - Howard Gardner.



Fonte: Big Think (2023)

Cada pessoa tem seu grau de capacidade de aprendizado, numa forma particular, ou seja, possui facilidade para aprender de uma certa forma. Segundo Gardner, existem diferentes tipos de inteligência e, sendo assim, os professores, para serem mais efetivos, podem oferecer atividades abrangentes de forma a contemplar todas essas maneiras de recepção do conteúdo. Os pontos fortes de cada estudante devem ser explorados para que a educação seja verdadeiramente inclusiva, respeitando a importância de conhecer essas diferenças individuais para utilizar ferramentas e atividades que atinjam um grupo maior de alunos.

Gardner explica que a inteligência pode se expressar de maneiras muito diferentes, não apenas nas formas mais clássicas. Deve-se apontar que todas as pessoas têm a capacidade de desenvolver diferentes inteligências, sendo assim, vamos elencar os 9 tipos de inteligência observados e classificados por Howard Gardner (Gardner, 1994).

A **inteligência espacial** é identificada pela capacidade de processar informações tridimensionais e diferenciar cores, linhas, espaços, figuras e formas. Quem possui essa competência mais desenvolvida tem maior facilidade para associar imagens a conteúdos e situações, compreendendo bem o contexto e sendo bons observadores. Neste contexto, o professor pode atuar com projetos criativos de cenários para peças de teatro, trabalhos em multimídia e projetos com diagramas e formas visuais diversas.

A **inteligência corporal** e cinestésica está relacionada à coordenação motora, movimentos precisos e bons reflexos. Os estudantes possuem maiores habilidades com atividades práticas e exercícios físicos.

A **inteligência musical** se refere à habilidade de compor músicas, aprender ritmos, canções, tocar instrumentos musicais e distinguir sons. A utilização de elementos sonoros pode sempre potencializar o aprendizado desses alunos.

A **inteligência intrapessoal** diz respeito à característica solitária, tímida e introspectiva que atinge melhor desempenho em atividades escritas, pesquisa, projetos independentes e tarefas que não envolvam interação com outros estudantes.

A **inteligência interpessoal** privilegia a interação com outras pessoas, facilitando a liderança e a docência. É favorável neste perfil o desenvolvimento de atividades que envolvam várias pessoas.

A **inteligência lógico-matemática** trata das pessoas que identificam padrões lógicos e boas linhas de raciocínio, com ênfase em números, facilitando a solução de



problemas e o uso eficiente de tabelas e gráficos, mostrando eficiência em jogos e atividades competitivas e classificatórias.

A **inteligência linguística** utiliza-se de forma eficiente da linguagem para transmitir ideias tanto de forma oral quanto escrita. Essas pessoas aprendem línguas estrangeiras com mais facilidade. É produtivo para esses estudantes a criação de peças de teatro, redações, debates e resumos.

A **inteligência existencial** possui a capacidade de tratar assuntos como a origem do mundo e a existência humana, diretamente ligada a crenças e hábitos familiares. Os estudantes dotados de tal inteligência latente costumam ser questionadores e devem ser estimulados com conversas e debates.

A **inteligência naturalista** está vinculada ao meio ambiente, preocupando-se com a relação com o mundo. Devido à importância ambiental, torna-se vantajosa a abordagem de conteúdos através do contato com a natureza.

Na Figura 3, temos os tipos de inteligência, organizados e resumidos.

Figura 3 - Tipos de Inteligências Múltiplas.



Fonte: Guimarães (2015)

Gardner (2018), em entrevista, foi perguntado, sobre as competências socioemocionais contidas na BNCC e sobre o papel do professor atuante com múltiplas inteligências. Segundo ele, tanto o desenvolvimento da 'bondade' quanto o desenvolvimento socioemocional tendem a ser maiores nos contextos em que os adultos e crianças mais velhas adotam bons comportamentos e boas atitudes.

Uma pessoa pode ter feito todos os exercícios possíveis e podem existir regras para tudo, mas, se elas não vivenciarem no dia a dia – na escola, no pátio da escola, nas lojas, nas instituições religiosas, na mídia (inclusive nas redes sociais) –, o “discurso” faz pouca diferença. Howard Gardner diz fazer uso frequente da seguinte frase: “as crianças podem ouvir ou não o que você diz, mas elas sempre vão perceber o que você faz” (Gardner, 2018).

Gardner (2018) sugere que os professores “individualizem” tanto quanto possível, ou seja, que eles procurem conhecer ao máximo o estudante e ensinar a ele de uma maneira que faça sentido, levando-o a desenvolver seu próprio entendimento, e também sugere que o educador “pluralize”, quer dizer, decida o que realmente é importante e ensine essa ideia ou conceito de várias maneiras, alcançando, portanto, as diversas inteligências. A “pluralização” pode ser praticada em qualquer ambiente educacional, se o professor tiver um aluno ou se ele tiver mil alunos, frisando sempre que isso é mais fácil de ser feito numa era altamente tecnológica.

Sabendo da diversidade e singularidade dos alunos, a aplicação de trabalhos que explorem o máximo de tipos de inteligência é recomendável e agradável aos estudantes de modo geral. A ideia da utilização das múltiplas inteligências é que os alunos com certas inteligências mais latentes aperfeiçoem essas virtudes e auxiliem os colegas que não possuam um desenvolvimento mínimo nessas inteligências. Desta forma, os estudantes podem trocar experiências e assim aperfeiçoarem-se mutuamente, ou seja, sentido de integração, colaboracionismo e cooperações.

Nesta sequência didática, os alunos foram orientados e incentivados a trabalhar em equipe, assumindo o protagonismo no processo de aprendizagem, de modo a explorarem de forma natural e automática suas inteligências mais desenvolvidas e aperfeiçoarem as menos desenvolvidas, ou seja, foi aplicada para potencializar o indivíduo em favor do coletivo.

### 1.3 GAMIFICAÇÃO E RPG NO ENSINO DE FÍSICA

Gamificação e *Role-Playing Games* (RPG) são integrados ao ensino de física para aumentar a motivação e o engajamento dos alunos, pois representam abordagens inovadoras e envolventes que podem transformar a aprendizagem, tornando-a mais interativa e significativa.

Estudos demonstraram que sistemas de aprendizagem interativos e gamificados têm um impacto positivo no engajamento e na motivação do usuário (Katanosaka; Khan; Sakamura, 2023). Abordagens de gamificação adaptativa, que ajustam elementos de jogo com base nas características dos usuários, foram propostas para aumentar o envolvimento do aluno no ensino de física (Katanosaka; Khan; Sakamura, 2023).

A pesquisa sobre gamificação na educação, incluindo o aprendizado de física, cresceu na última década e referências têm mostrado contribuições positivas para o campo (Zourmpakis; Kalogiannakis; Papadakis, 2022). Especificamente, descobriu-se que o ensino gamificado em física aumenta significativamente a motivação dos alunos, incluindo motivação intrínseca, autoeficácia, motivação escolar, motivação profissional e autodeterminação (Amiruddin, 2022).

A gamificação no contexto educacional se refere à aplicação de elementos e princípios de design de jogos em ambientes de aprendizagem não lúdicos. Como discutido no livro "*The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*" de Sheldon (2018) e no artigo "*Gamification in Education: What, How, Why Bother?*" de Lee e Hammer (2011), a gamificação busca aumentar o engajamento e a motivação dos alunos por meio da incorporação de elementos como pontos, níveis, desafios, feedback imediato e recompensas.

Esses elementos ajudam a criar uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e estimulante, onde os alunos são incentivados a participar ativamente e a assumir um papel mais central em seu processo de aprendizagem.

Os RPGs, em um contexto educacional, envolvem os alunos em assumir papéis e personagens, frequentemente em cenários fictícios, para explorar e resolver problemas relacionados ao conteúdo curricular. Como exemplificado em "*Level Up Your Classroom: The Quest to Gamify Your Lessons and Engage Your Students*" de Cassie (2016) e em vários estudos apresentados em revistas acadêmicas, os RPGs

promovem habilidades como trabalho em equipe, resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade.

Ao assumir personagens, os alunos podem explorar conceitos de física de uma maneira mais contextualizada e relevante, tornando o aprendizado mais atraente e aplicável à vida real.

A combinação de gamificação e RPG no ensino de física oferece uma abordagem pedagógica poderosa. Ao gamificar o currículo de física e incorporar elementos de RPG, os professores podem criar um ambiente de aprendizagem que não apenas desperta o interesse dos alunos, mas também os ajuda a entender e aplicar conceitos complexos de maneira mais eficaz.

A aplicação dessas técnicas no ensino de física permite que os alunos se envolvam profundamente com o material, participando ativamente na construção de seu conhecimento através de atividades práticas e desafios contextualizados. Em geral, a integração de elementos de gamificação e RPG no ensino de física tem o potencial de tornar o aprendizado mais agradável, empolgante e desafiador para os alunos, levando a uma maior motivação e engajamento.

A integração de gamificação e RPG no ensino de física representa uma alternativa significativa ao ensino tradicional por incorporar métodos mais interativos e centrados no aluno. Essas abordagens têm o potencial de melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos físicos complexos. Ao usar essas estratégias, os educadores podem criar uma experiência de aprendizagem mais envolvente e eficaz, preparando os alunos para enfrentar desafios reais e aplicar o conhecimento de maneira prática e significativa.

## **CAPÍTULO 2 - FÍSICA DOS SATÉLITES E DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

### **2.1 LANÇAMENTO DE SATÉLITES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

O Sistema de Posicionamento Global é o sistema norte-americano de navegação via satélite e software de geolocalização desenvolvido em 1978 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América é operado pela Força Espacial dos Estados Unidos para atender às necessidades de defesa, civis, empresariais e científicas do governo. O GPS fornece atualmente dois níveis de serviço: Serviço de Posicionamento Padrão e Serviço de Posicionamento Preciso. O Serviço de Posicionamento Padrão civil está disponível para todos os usuários de forma contínua, em todo o mundo, livre de quaisquer encargos diretos ao usuário. O acesso ao Serviço de Posicionamento Preciso militar é restrito às Forças Armadas dos EUA, agências do governo federal dos EUA e forças armadas e governos aliados selecionados.

Os satélites GPS fornecem aos usuários em todo o mundo uma série de serviços em solo, nos oceanos e no ar. Seguem-se alguns exemplos: Serviços de Posição e Navegação, Atualização da Constelação GPS III, Navegação em Automóveis, Navegação Agrícola, Navegação Marítima, Rastreamento e Navegação de Aviação, Resposta e Gerenciamento de Emergências, Temporização, Telefonia Celular e Redes.

Ao todo, são 24 satélites que orbitam ao redor do globo terrestre e fornecem os sinais necessários para que aparelhos específicos, smartphones, notebooks, tablets e afins identifiquem a posição em que se encontram. Uma situação relevante é que, como os Estados Unidos da América são donos do sistema, eles podem ligar ou desligar o sistema de acordo com seus interesses.

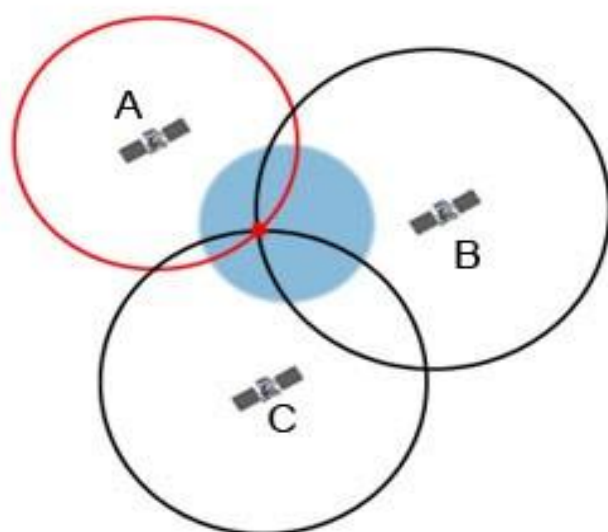
No ano de 1989, o sinal foi liberado para acesso dos civis, mas com um sinal que permitia uma precisão de um raio de até 100 metros. Neste mesmo momento, o exército já fazia uso de um sinal com precisão de até 10 metros. Porém, em 1990, os EUA entraram na Guerra do Golfo, e por não haver receptores de GPS com precisão militar suficiente para as tropas, o Departamento de Defesa se viu obrigado a comprar o estoque dos civis e assim acabaram liberando o sinal de maior precisão para todos.

O funcionamento do GPS é basicamente viabilizado pela utilização de três satélites que, através do cruzamento entre suas informações, permitem ao receptor, identificar os sinais enviados pelos satélites, e assim, conseguem determinar com precisão a localização de um aparelho receptor e ainda se utilizam de outro satélite para determinar a altura em relação ao nível do mar em que se encontra o receptor. A figura 4 ilustra como o GPS funciona, demonstrando como é feita a triangulação do sinal.

Basicamente, o primeiro satélite delimita uma área em um raio determinado, o segundo satélite, através da sobreposição entre círculos, reduz essa área para dois pontos, e o receptor, identifica o sinal do terceiro satélite, determinando por sobreposição qual desses pontos se encontra o receptor. O sinal do quarto satélite quando identificado pelo receptor, permite a determinação da altitude em que se encontra o aparelho receptor.

Em outras palavras, cada um dos três ou mais satélites GPS transmitirá suas coordenadas de localização ao receptor no dispositivo ou terminal. Depois que a distância dos satélites é medida, o dispositivo GPS pode calcular a localização precisa do dispositivo na superfície da Terra. Isso é feito por meio de trilateração, e quanto mais satélites (mais que três) forem usados, mais precisos serão os dados de posição. Para se determinar a distância do satélite ao receptor, utiliza-se da diferença entre o tempo medido no relógio do satélite e no receptor.

Figura 4 - Trilateração de Satélites.



Fonte: SIA – Satellite Industry Association (2021).

## 2.2 FÍSICA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

Os princípios físicos mais utilizados em que se baseia o GPS são as áreas de cronometria e ondas eletromagnéticas. As principais áreas da física envolvidas no funcionamento do GPS são: cronometria, ondas eletromagnéticas, relatividade geral, relatividade especial e triangulação.

De acordo com Hewitt (2023), um instrumento relevante para o GPS é a antena fractal. Como outros fractais, tem a forma que se repete. Uma vez que ela é dobrada da forma autossimilar projetada, uma antena fractal pode ser comprimida em um espaço pequeno, possibilitando assim sua fixação no interior do próprio aparelho, e pode operar simultaneamente em diferentes frequências. Significando assim que uma única antena pode ser usada para funções distintas, como captar conversas de celular e sinais de aparelhos GPS em navegação. Esse é o tipo de antena que existe nos smartphones.

Para Hewitt (2023), a relatividade geral, basicamente, é uma teoria física desenvolvida por Albert Einstein e é essencial para o GPS funcionar corretamente. Devido à gravidade da Terra, o tempo passa mais devagar perto da superfície da Terra em comparação com altitudes mais altas. Isso ocorre porque a gravidade influencia o espaço-tempo. Os satélites do GPS estão em órbita a cerca de 20.000 km acima da Terra, onde a gravidade é mais fraca, e o tempo passa um pouco mais rápido. Para compensar essa diferença, os relógios do GPS a bordo dos satélites são ajustados para compensar a dilatação do tempo<sup>1</sup>.

A cronometria é a parte da física responsável pelas medidas de tempo; assim, os relógios nos satélites GPS precisam ser ajustados, sincronizando-se com o tempo em relação aos receptores na Terra. É através da diferença entre os tempos medidos que é possível a triangulação. Partindo das diferenças de tempo, o receptor pode calcular a distância entre ele e o satélite utilizando o princípio de que a velocidade da luz possui um valor constante de acordo com o meio sendo medida no vácuo 299.792.458,00 m/s e no ar 299.702.547,00 m/s. Por meio do cálculo das distâncias,

---

<sup>1</sup> A relatividade especial, para Hewitt (2023) também é importante no GPS devido ao fato de os satélites se moverem com velocidades muito altas em relação aos receptores na Terra. A relatividade especial prevê que o tempo passa mais devagar para objetos que se movem rapidamente em relação a um observador estacionário.

o receptor pode determinar sua posição em relação aos satélites e, assim, obter suas coordenadas geográficas de altitude, longitude e latitude.

Hewitt (2023), explica que a triangulação é o que o GPS usa para determinar a localização de um receptor na Terra. Os satélites GPS enviam sinais que são recebidos pelos receptores, e o tempo que leva para os sinais viajarem da fonte até o receptor é medido. Esses tempos de viagem são usados para calcular a distância entre o satélite e o receptor. Usando a localização conhecida de vários satélites, é possível triangular a posição exata do receptor na Terra <sup>2</sup>.

Essas são algumas das principais áreas da física envolvidas no funcionamento do sistema GPS. A combinação desses princípios físicos permite que o GPS forneça informações precisas de localização em todo o mundo.

Além da física envolvida na medição das diferenças de tempo entre os sinais, existem outros fatores físicos que podem afetar a precisão do GPS. Isso inclui a velocidade da luz ao atravessar a atmosfera terrestre, que pode variar devido a fatores como a densidade do ar e a ionosfera. Para corrigir essas variações, os receptores GPS utilizam modelos matemáticos e informações adicionais transmitidas pelos satélites para fazer ajustes precisos nas medições. Portanto, a física desempenha um papel essencial no funcionamento do GPS, permitindo que os receptores recebam e processem os sinais dos satélites para determinar com precisão a posição geográfica.

No quadro 1, temos as respectivas equações utilizadas no trabalho e que contemplam a física do GPS.

---

<sup>2</sup> O sistema de GPS é extremamente dependente da transmissão e recepção de sinais de rádio entre os satélites e receptores na Terra. Esses sinais são ondas eletromagnéticas que viajam à velocidade da luz. A física das ondas eletromagnéticas é importante para entender como os sinais viajam no espaço, como eles são transmitidos e como são recebidos pelos receptores.



Quadro 1 - Equações e conceitos.

Equação	Conceito Envolvido
$v_e = \lambda \cdot f$	Equação fundamental da onda, que possibilita encontrar respectivamente a velocidade da onda, o comprimento de onda e a frequência.
$F = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$	Equação da gravitação, permite encontrar respectivamente a força gravitacional, as massas dos corpos e o raio.
$W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v_p^2$	Equação do Arrasto, permite encontrar a força de arrasto, coeficiente de arrasto, densidade do ar, área da secção transversal e a velocidade.

Fonte: O autor.

### 2.3 O LANÇAMENTO DE SATÉLITES

O lançamento de satélites é um processo instigante, complexo e desafiador que envolve vários conceitos e princípios da física aplicada. Dentre os principais aspectos físicos envolvidos, temos a mecânica de voo, a gravidade, a dinâmica orbital, a energia cinética e potencial, assim como a resistência do ar.

São envolvidos no lançamento de um satélite, o uso de foguetes, que são impulsionados por meio da ação e reação de gases ejetados com alta velocidade após a combustão. Esse princípio é baseado na terceira lei de Newton (2016), que afirma que toda a ação tem uma reação igual e oposta, assim como também é baseado na segunda lei de Newton (2016), que trata da variação do momento em relação ao tempo, simplificada pelo produto entre a massa e a aceleração. A física envolvida na propulsão dos foguetes é fundamental para o lançamento bem-sucedido e o controle da trajetória.

É evidente que a gravidade desempenha um papel protagonista no lançamento de satélites. A atração gravitacional da Terra deve ser superada para que o foguete que carrega o satélite alcance a órbita desejada. A física da gravidade é importante para calcular a velocidade e a trajetória necessárias para superar essa força e alcançar a órbita desejada. Enquanto o foguete se afasta cada vez mais da Terra, a força gravitacional diminui.

A dinâmica orbital é uma área da física aplicada ao movimento de objetos em órbita. Para que um satélite seja colocado em órbita, é necessário considerar os

princípios da física orbital, incluindo a velocidade orbital requerida, a altitude da órbita, os efeitos da resistência atmosférica e a estabilidade do satélite durante o movimento orbital.

Durante o lançamento do foguete, a energia cinética está associada ao movimento e a energia potencial do foguete em relação à Terra varia constantemente à medida que o foguete é acelerado e a altitude aumenta. Esses conceitos da física são usados para calcular a energia necessária para levar o satélite a alcançar a órbita desejada.

Na fase do lançamento, a resistência do ar é um importante fator a ser levado em consideração. A resistência do ar tem influência sobre o formato de construção do foguete e a eficiência do voo, uma vez que é necessário minimizar a resistência para alcançar velocidades mais altas e economizar energia.

O lançamento de satélites é um processo altamente complexo e exige uma compreensão profunda dos princípios físicos envolvidos para garantir o sucesso das missões de lançamento de foguetes e a colocação precisa do satélite em órbita.

### CAPÍTULO 3 - O PRODUTO EDUCACIONAL

Em 2020, durante a disciplina "Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio", foi requerida a apresentação de um trabalho de microensino. Os mestrandos foram orientados a gravar uma aula de 5 a 10 minutos de duração, com o foco em uma abordagem direta e sucinta sobre algum tema específico. Com o intuito de homenagear o colega de graduação e de mestrado, decidi fazer minha microaula sobre o GPS.

Mais tarde, já em 2021, durante a disciplina "Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental", foi necessário retomar aquela microaula. Desta vez, era necessário expandi-la para torná-la uma aula experimental de 50 minutos. A motivação para fazer um trabalho incrível veio principalmente do fato de que a microaula apresentada anteriormente não atingiu as expectativas. Sabendo disso, a vontade de superação e o orgulho ferido foram combustíveis para o desenvolvimento de uma aula que foi elogiada pelos docentes da disciplina. Entre as falas após a conclusão da aula, uma que chamou a atenção em meio aos elogios foi a possibilidade de desenvolver o produto do mestrado a partir dessa aula.

Durante uma semana de muita reflexão, foi decidido, em conjunto com meu orientador, dar continuidade a este produto de mestrado, abandonando a ideia anterior. Fiquei e continuo extremamente animado com essa escolha, pois possui um significado profundo e é um trabalho do qual tenho muito orgulho.

Na essência, o produto educacional, denominado "*Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)*", corresponde a uma sequência didática pensada e aplicada no ensino médio, para uma turma de 3º ano, no formato de RPG. Os alunos são imersos em um universo científico, onde assumem os papéis de Oficiais Cientistas, responsáveis pelo lançamento de satélites, orientados minimamente por um Oficial Graduado (docente) durante todo o processo.

Para isso ocorrer, foi escrito um roteiro que consiste em 4 missões ultra secretas. Em cada aula, os alunos recebiam um envelope selado contendo a missão a ser desenvolvida, de forma que eles estavam inseridos em um jogo estilo RPG cooperativo, com desafios coletivos e desafios individuais. Isso permitiu explorar ao máximo as potencialidades de cada aluno, incentivando, ao mesmo tempo, o trabalho em equipe. Assim que recebiam a missão, o professor lia o roteiro recebido pelos

alunos com uma entonação de narrador, a fim de inserir ou reinserir os alunos nas missões.

A finalidade do produto foi a de proporcionar aos estudantes uma experiência diferenciada em sala de aula. As apresentações clássicas de conteúdo, como quadro e giz, copiar e responder, tendem a ser maçantes e pouco motivadoras para os estudantes. A oportunidade de fazer diferente e melhor é uma das premissas do mestrado profissional. Desta maneira, a escolha de um tema atual e bem inserido no cotidiano dos estudantes viabiliza um ensino eficaz e atraente. Espera-se que esta sequência didática seja uma importante ferramenta de ensino e uma opção viável no ensino de física. A seguir apresenta-se um detalhamento de cada uma das missões.

*Briefing: Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)*

### **Missão 1:**

A situação do sistema de navegação Global Positioning System (GPS), utilizado pelo Brasil está sofrendo um ataque cibernético. A Agência Brasileira de Inteligência (ABIN), em conjunto com a Agência Espacial Brasileira (AEB), está requisitando, em caráter extraoficial e sigiloso, as mentes mais brilhantes e destemidas do país, ou seja, a turma do 3ºA do Colégio Estadual Conselheiro Carrão, localizado em Curitiba-PR, no bairro Uberaba. A turma do 3ºA agora é um G.I.S (Grupo de Inteligência Secreto).

Cada estudante agora é um Oficial Cientista e deverá seguir as instruções na sequência determinada, trabalhando em equipe para atingir os objetivos da missão. Eles utilizarão seus conhecimentos em Física Moderna para retardar o ataque cibernético e, por meio do lançamento de um foguete (satélite auxiliar), resolver a situação crítica, corrigindo eventuais falhas e protegendo definitivamente o sistema, através do lançamento de um satélite backup.

Cada Oficial Cientista recebeu por escrito as instruções diárias, tendo em vista que a missão completa levou 4 aulas. Cada etapa foi importante e decisiva no momento de promoção dos oficiais (Avaliação Individual, Diária e Contínua).

A partir deste momento, foi efetuada a conferência de contingente (chamada) e cada estudante adotou um codinome para tempos de guerra durante a chamada e preencher o campo indicado com a cidade onde nasceu. Não é permitido utilizar a cidade de Curitiba-PR ou Pitanga-PR. Caso tenha nascido em uma dessas localidades, o estudante escolheu outra cidade no Brasil, sem prejuízo à missão.

A base, responsável por concentrar as operações, encontrava-se em Pitanga-PR, devido à sua posição geográfica estratégica para a segurança das informações. Basta observar o mapa do estado do Paraná para notar a posição central do município. Os oficiais utilizaram seus GPS (enquanto ainda funcionavam) e a internet para coletar os dados necessários.

Você já ouviu falar sobre GPS? O condecorado Comandante Cientista Albert nos contou uma história incrível e forneceu informações valiosas sobre a missão através do curto vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=OsYU0xPXsgA>. Após assistir ao vídeo, os oficiais cientistas estavam mais aptos para a missão que se seguiu e para sua respectiva situação-problema.

A base de lançamentos de Alcântara - MA ainda não estava operando para estes tipos de lançamento devido a políticas internacionais. Era de interesse comum a todos saber que o Centro Espacial de Alcântara – MA (Figura 5) tornou-se operacional em 1989 com o lançamento do primeiro foguete. Possuindo diversas vantagens operacionais e econômicas, o CLA (Centro de Lançamentos de Alcântara) tem tido destaque no programa espacial nacional, especialmente no que tange às suas possíveis formas de utilização, como o lançamento comercial de satélites.

Figura 5 - Centro de Lançamentos de Alcântara – MA.



Fonte: Vinholes (2020)

Destaca-se, dentre os centros existentes ao redor do mundo, o CLA, devido à sua posição geográfica estratégica e privilegiada. Posicionado a apenas 2° 18' ao sul da Linha do Equador, o CLA proporciona maiores facilidades nas operações e uma

importante redução de custos das atividades espaciais, além de permitir o lançamento seguro de veículos espaciais em uma ampla faixa de azimutes. O azimute é uma medida de abertura angular horizontal, definida em graus entre 0° e 360°, realizada em quatro quadrantes, em sentido horário.

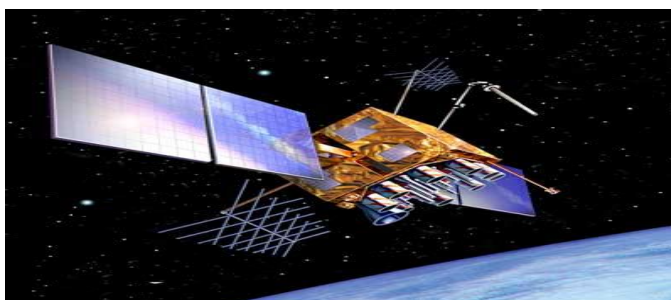
O CLA tem, em sua localização, sua principal vantagem para os lançamentos em órbita equatorial. Embora as órbitas equatoriais se beneficiem diretamente da posição geográfica do CLA, as órbitas polares, para as quais o lançamento de satélites não é diretamente beneficiado por essa posição, também são relevantes. Outras características positivas do CLA incluem a baixa densidade populacional da região e as condições climáticas favoráveis, com um regime de chuvas bem definido e pequenas variações de temperatura. Com o embasamento real sobre o CLA, as missões ganham uma conotação mais realista. Sendo assim, diante desta situação crítica fictícia, cada oficial avaliará uma nova localização para servir de base de lançamentos para o Brasil. Apenas este G.I.S. pode resolver a situação crítica e evitar o colapso total do sistema de posicionamento global, assim salvando o dia.

Para os oficiais impedirem o ataque cibernético, efetuaram uma simulação de lançamento de um satélite por localidade. A localidade de cada cientista é uma base secreta de lançamentos de emergência. O cartão de operação e lançamento do satélite foi preenchido com precisão e clareza, sendo possível seu entendimento e utilização por qualquer oficial em qualquer momento. Este cartão de operação deverá conter informações preciosas que foram coletadas, devidamente avaliadas e validadas pelo G.I.S.

Utilizaram todos os recursos para coletar as informações que no cartão de operações estavam em fundo cinza, de forma coletiva e o restante das informações de forma individual. Porém, o grupo de inteligência deve estar em constante comunicação, e a troca de informações não é proibida, e sim incentivada, de modo que todos atinjam seus objetivos individuais e coletivos.

Ajudaram-se mutuamente, pois assim a possibilidade de sucesso da missão aumenta consideravelmente. Segue a imagem do Satélite de renovação e atualização do GPS, que virtualmente foi lançado pelos Oficiais do G.I.S., o SVN-63 (Figura 6). A sigla SVN significa 'Space Vehicle Number'. A numeração do satélite indica a sequência de lançamento; ou seja, o SVN-63 é o 63º satélite do sistema GPS a ser lançado.

Figura 6 - Satélite GPS - SVN-63.



Fonte: Scussel (2011)

Os oficiais organizaram-se de modo a encontrar as informações da forma mais eficiente possível. Conforme foram coletando os dados, os oficiais de elite compartilharam as informações de uso comum. Utilizaram celulares e computadores de forma livre e pedagógica. Preencheram os 6 primeiros itens do Cartão Secreto (Quadro 2).

Quadro 2 - Cartão de Operações – Secreto.

CARTÃO DE OPERAÇÕES - SECRETO			
G.I.S	Grupo de Inteligência Sigiloso		Mi-1
Cod	Codinome		Mi-1
Loc	Localidade		Mi-1
$d$	Distância até Pitanga-PR		Mi-1
$h$	Altitude da Localidade		Mi-1
$H$	Altitude de Órbita (Satélites GPS)		Mi-1
$f_1$	Frequência da onda portadora GPS L1		Mi-2
$f_2$	Frequência da onda portadora GPS L2		Mi-2
$v_e$	Velocidade da Onda Eletromagnética		Mi-2
$\lambda_1$	Comprimento de onda 1		Mi-2
$\lambda_2$	Comprimento de onda 2		Mi-2
$r$	Raio da Órbita de um satélite GPS		Mi-2
$G$	Constante Gravitacional		Mi-2
$M$	Massa da Terra		Mi-2
$m$	Massa do Satélite		Mi-2
$F$	Força Gravitacional		Mi-2
$c_w$	Coeficiente de Arrasto		Mi-3
$\rho$	Densidade do Ar		Mi-3
$A$	Área da seção transversal		Mi-3
$v_p$	Velocidade do Projétil		Mi-3
$W$	Força de Arrasto		Mi-3
$d1$	Distância 1 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d2$	Distância 2 ( $c_w = 0$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d3$	Distância 3 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4
$d4$	Distância 4 ( $c_w = 0$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4

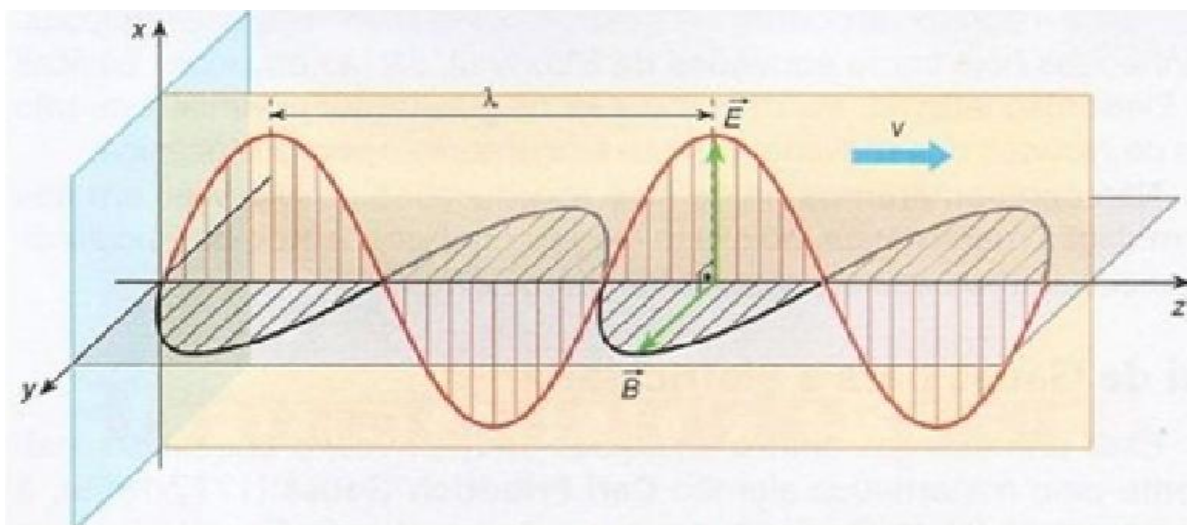
Fonte: O autor.

### Missão 2:

Um oficial cientista precisa de embasamento teórico para saber onde deve posicionar o satélite. Tendo em vista que, ao final da missão, os oficiais cientistas vão lançar um satélite através do simulador PhET (2023)<sup>3</sup>.

Utilizando as descobertas de Hertz a respeito das ondas eletromagnéticas (Figura 7).

Figura 7 - Onda Eletromagnética.



Fonte: JB\_Magnetic (2013)

Através de relações físicas encontradas em (Tipler; Mosca, 2006), descritas da seguinte forma:

$v_e$  = velocidade da onda, medida em m/s (metros por segundo);

$\lambda$  = comprimento de onda, medido em m (metros);

$f$  = frequência, medida em Hz (Hertz).

É importante que sejam observadas atentamente as unidades de medida adequadas assim como suas proporções equivalentes. Sabe-se que 1 Mega = 1.000.000 ou  $10^6$  ou seja, 1 MHz = 1.000.000 Hz ou  $10^6$  Hz .

Assim, adotando a velocidade da onda eletromagnética igual a velocidade da luz, tem-se:

$$v_e = c \quad , \quad (1)$$

velocidade da onda eletromagnética = velocidade da luz no vácuo

---

<sup>3</sup> Heinrich Hertz, em 1888, descobriu as ondas eletromagnéticas e demonstrou que elas possuem as mesmas propriedades da luz. Hertz ainda revelou o efeito fotoelétrico, posteriormente explicado por Einstein, o que rendeu a este último o Prêmio Nobel de Física em 1921.



De acordo com Maxwell (Hewitt, 2023), a luz é uma oscilação de campo elétrico e magnético. Sabendo que a equação fundamental da ondulatória é descrita da seguinte forma:

$$v_e = \lambda \cdot f \quad , \quad (2)$$

Podendo ser aplicada para qualquer onda e por consequência para qualquer onda eletromagnética, é possível fazer uma relação para encontrar os respectivos comprimentos de onda, aplicando as equações:

$$\lambda_1 = \frac{v_e}{f_1} \quad , \quad (3)$$

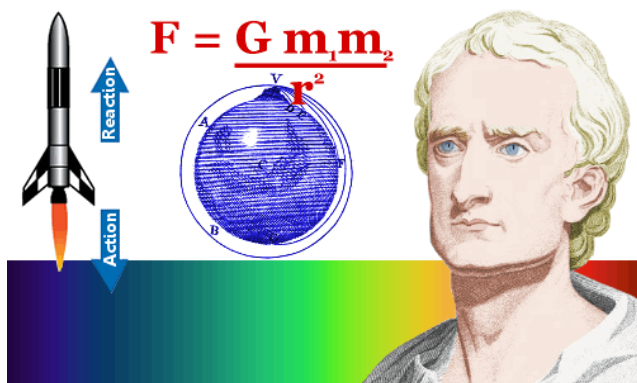
$$\lambda_2 = \frac{v_e}{f_2} \quad . \quad (4)$$

O entendimento do movimento ondulatório pode ser utilizado para explicar o comportamento de qualquer tipo de onda. Ou seja, quando uma onda se propaga através de um meio, ocorre uma oscilação em movimento harmônico simples. Assim sendo, a distância mínima em que há repetição da onda, ou a distância entre repetições, é chamada de comprimento de onda. Ficou evidente que as ondas viajam grandes distâncias com grandes velocidades.

Na sequência, os oficiais cientistas identificaram grandezas referentes à força gravitacional, pois, para colocar um satélite em órbita, é necessário acessar conhecimentos de cientistas como Newton (Figura 8), que, em 1666, formulou e verificou a lei da gravitação universal onde afirma que cada partícula de massa atrai outra partícula no universo com uma força que varia diretamente conforme o produto das duas massas e inversamente ao quadrado da distância entre elas.

Em outras palavras, sobre a força gravitacional, segundo Hewitt (2023), quando falamos sobre força e sobre Isaac Newton, vale sempre a pena retomar suas leis exatamente da forma que foram enunciadas por ele, originalmente em latim, no celebrado livro 'Principia - Philosophiae Naturalis Principia Mathematica' (Principia – Princípios Matemáticos de Filosofia Natural), onde elas são enunciadas (Newton, 2016).

Figura 8 - Isaac Newton e a Gravitação Universal.



Fonte: Famous Scientists (2015)

### 1ª Lei:

*“Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare”*

Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele (Newton, 2016).

### 2ª Lei:

*“Mutationem motis proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam retam qua vis illa imprimitur”.*

A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida (Newton, 2016)

### 3ª Lei:

*“Actione contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.”*

A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (Newton, 2016).

Após a enunciação das três leis, é possível adentrar nas explicações sobre a força gravitacional, que, por ser uma força atrativa, utiliza-se o sinal negativo. Isaac Newton (2016) postulou a lei da gravitação universal como uma força atrativa entre pares pontuais de partículas, sendo proporcional ao produto entre as massas das respectivas partículas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias entre elas. Também lembramos de Kepler, responsável pela revelação das leis das órbitas.

Henry Cavendish, em 1798, foi o responsável por determinar o valor da constante  $G$  (Hewitt, 2023) através do experimento com balanças de torção. Curiosamente, a constante gravitacional foi uma das primeiras constantes físicas medidas na história, e mesmo assim, devido à sua dificuldade de medição, possui uma precisão de apenas 1 parte em 10.000, o que a torna uma das constantes medidas com menor exatidão. Isso ocorre porque todas as medidas de  $G$  são extremamente difíceis, uma vez que a força gravitacional tem uma ação extremamente fraca. A equação em sua forma moderna foi apresentada por Laplace.

$$F = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad , \quad (5)$$

onde:

$F$  = Força Gravitacional, medida em newton (N);

$G$  = Constante Gravitacional, tabelada em  $6,673 \cdot 10^{-11} (N \cdot m^2 / kg^2)$ ;

$M$  = Massa do corpo 1, medido em quilograma (kg);

$m$  = Massa do corpo 2, medido em quilograma (kg);

$r$  = Distância entre as massas, medido em metro (m).

Neste momento, a fim de descobrir a Força Gravitacional  $F$ , os oficiais cientistas devem trabalhar unindo forças, de modo a encontrar o valor da massa da Terra  $M$ , adotar a massa do satélite  $m$  como o número de chamada individual, e o valor da distância entre a Terra e a Lua ( $r$ ) utilizando sites de pesquisa.

### **Missão 3:**

Para lançar um projétil verticalmente, devemos levar em consideração alguns efeitos que precisam ser medidos de modo a atingir sucesso pleno. Existem várias forças atuando sobre um foguete em um voo real. A força de resistência do ar é denominada arrasto e é representada pela letra  $W$ . Os oficiais precisaram apoiar-se na expressão de Prandtl para identificar e quantificar as temíveis forças de retardo, focando na resistência do ar.

O coeficiente de arrasto deve ser utilizado com valor igual a 0,47. A velocidade do projétil deve ser considerada como sendo 30 m/s. A área da seção transversal foi considerada o número de chamada, dividido por 100. Por exemplo, o estudante de número 4, utilizará o valor da área da seção transversal igual a 0,04 m<sup>2</sup>. O valor da densidade do ar deve ser pesquisado via Google <sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Em 1904, Ludwig Prandtl (Figura 9), considerado o pai da aerodinâmica, introduziu a noção de camada limite no escoamento de um fluido em torno de um obstáculo. Seu trabalho culminou em

Figura 9 - Ludwig Prandtl.



Fonte: Wikipédia (2022)

Apesar de não ter sido laureado com o Prêmio Nobel, Ludwig Prandtl é um cientista muito reconhecido. Tanto que, quatro anos após a sua morte, foi instituído um prêmio para homenageá-lo e suas contribuições em aerodinâmica. A intenção do prêmio é promover trabalhos de futuros especialistas em mecânica dos fluidos e aerodinâmica. O vencedor do prêmio recebe um anel de ouro com o nome de Ludwig Prandtl. Nesse anel, é encravada uma pedra contendo a figura de uma águia, para simbolizar a liberdade do pensamento.

O prêmio é entregue no dia 4 de fevereiro, dia de nascimento de Prandtl, pela Sociedade Científica para Aviação na Alemanha. Dentre suas contribuições em dinâmica dos fluidos, destacam-se a teoria da camada limite, o desenvolvimento da sustentação de asas e a teoria do arrasto.

No produto educacional, foi utilizada a equação de Prandtl para o arrasto (resistência do ar).

$$W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v_p^2 \quad . \quad (6)$$

Para explicar cada grandeza física e suas respectivas unidades de medida que fazem parte equação 6, tem-se a sequência:

$W$  é o arrasto (força resistiva do ar) medida em newton (N);

$c_w$  é o coeficiente de arrasto, adimensional;

---

um método de determinação dos escoamentos supersônicos planos, estacionários e não turbulentos. Assim, estabeleceu o modelo teórico para asa de envergadura infinita, cujo desenvolvimento foi aplicado às grandes velocidades subsônicas.

$\rho$  é a densidade do ar medida em quilograma por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ );

$A$  é a área da secção transversal do projétil medida em metro ao quadrado ( $\text{m}^2$ );

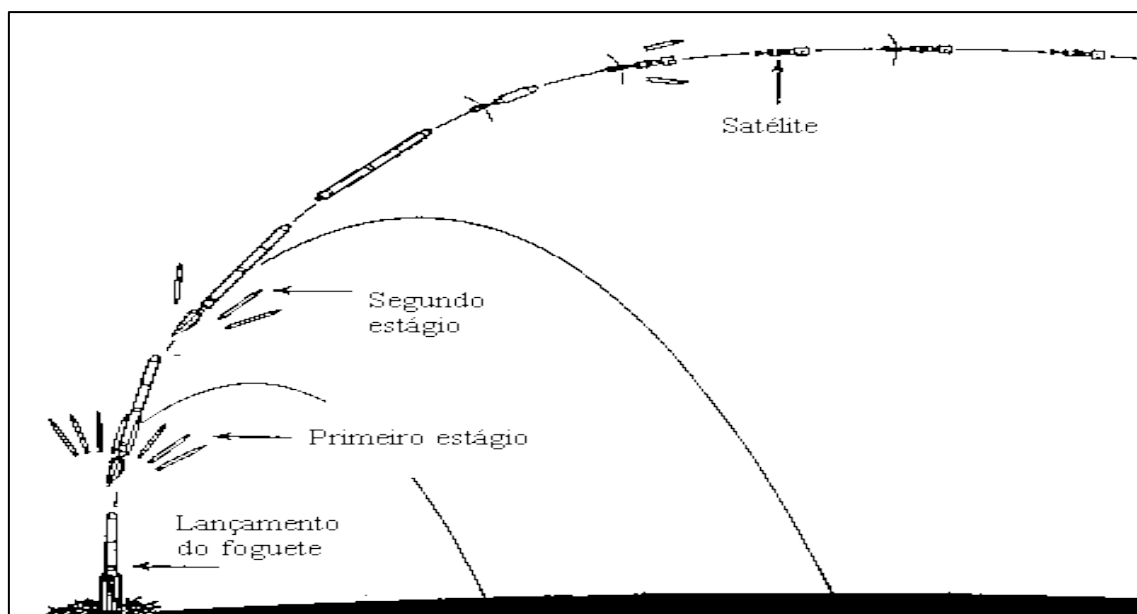
$v_p$  é a velocidade do projétil, medida em metro por segundo ( $\text{m/s}$ ).

Identificando e compreendendo as nuances que envolvem o lançamento de um foguete, os oficiais cientistas se prepararam para as simulações de lançamento que aconteceram na sequência e revisar o preenchimento correto do cartão de operações. Foi fundamental que todos os pontos vistos até aqui estivessem compreendidos e devidamente documentados no cartão de operações. Os satélites foram colocados em órbita através do transporte via foguete. Ou seja, para levar um satélite ao espaço, precisam de um meio de propulsão.

Após o satélite entrar em órbita, acima da atmosfera terrestre Hewitt (2023), eles não estão mais sujeitos ao arrasto do ar. O satélite da Terra é um projétil em estado de constante queda livre. Por causa de sua velocidade tangencial, ele cai ao redor da Terra, ao invés de cair verticalmente para o centro dela. É interessante ressaltar que, quando Newton (2016) calculou a velocidade necessária para uma órbita circular, percebeu que tal velocidade era impraticável naquela época e, de acordo com Hewitt (2023), não foi capaz de prever satélites feitos pelo homem, provavelmente por não imaginar a possibilidade de construção de foguetes de vários estágios.

Finalmente, a explicação para colocar um satélite em órbita terrestre (Hewitt, 2023) requer domínio sobre a velocidade e direção do foguete que o carrega. Inicialmente, um foguete é acionado na direção ortogonal à superfície e, depois, é inclinado, ganhando velocidade até atingir uma velocidade específica na horizontal acima da atmosfera, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Esquema de Lançamento de Satélite.



Fonte: Sala de Física (2023)

#### Missão 4:

Simulação de lançamento de foguetes utilizando o PhET (2023).

A missão tinha chego ao fim. Os oficiais cientistas acessaram o link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion). Por meio desse simulador, os oficiais utilizaram alguns parâmetros específicos e seguiram a sequência descrita nas imagens abaixo. A tela que apareceu foi a da Figura 11.

Figura 11: Print da tela inicial da simulação PhET.



Fonte: O Autor

Após clicar na imagem do canhão disparador do foguete, foi selecionado o ícone do canhão escrito Lab na parte inferior, assim como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Print da tela da simulação PhET do movimento de projétil.



Fonte: O Autor

Finalmente, o oficial entrou na simulação e ajustou os parâmetros da mesma forma que se demonstra na figura 13. Como orientação, seguiram os passos descritos na sequência e depois conferiram com a figura 13, para saber se estavam no caminho correto. As lupas a facilitaram a visualização. Inicialmente, ajustou-se o ângulo do canhão disparador para  $75^\circ$ . A velocidade inicial foi ajustada para 30 m/s. O alvo vermelho e branco deve estar a uma distância padrão em relação ao canhão, de 20,0 m. Neste momento, o capacitado oficial ajustou o canhão, e o projétil foi lançado.

O ajuste da massa foi individual (utilizaram o número de chamada e, se fosse maior que 31, dividiria por 2 e usou-se o número do resultado) e foi o que diferenciou os resultados de todos os oficiais, determinando qual lançamento de foguete foi o mais bem-sucedido (atingiu o alvo) e, assim sendo, um lançamento de melhor precisão e efetividade. Utilizou-se a altitude da localidade que foi previamente preenchida no item 5 da ficha de operações.

Posicionou-se a trena com o sistema de referência + sobre a referência + do canhão de modo coincidente, permitindo as medidas das distâncias  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  e  $d_4$  fossem feitas com precisão. Após cada lançamento, mediu-se e anotou-se os valores no cartão de operação. Os cientistas utilizaram o coeficiente de arrasto  $c_w = 0,47$  quando e foi levado em consideração, conforme a Figura 13.

Seguem abaixo os parâmetros que forma utilizados na missão 4.

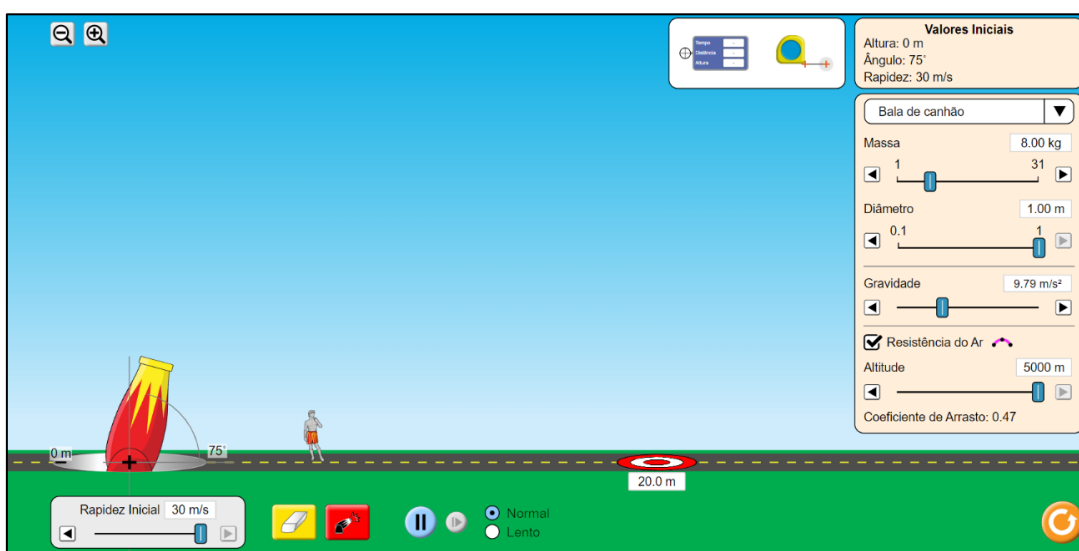
Para **d1** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

Para **d2** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0$ .

Para **d3** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

Para **d4** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0$ .

Figura 13 – Impressão da tela da simulação PhET para a determinação de parâmetros para a bala de canhão.



Fonte: O Autor

Finalizando a missão, os oficiais cientistas compartilharam e compararam seus resultados encontrados nas distâncias d1, d2, d3 e d4. Quem foi o Oficial Cientista que obteve o resultado mais próximo do alvo? Qual foi o valor mais próximo ao alvo que você conseguiu e foi com parâmetros de d1, d2, d3 ou d4? Seria possível atingir o alvo modificando apenas o valor da massa? Testou-se e registrou-se o resultado mais próximo e a massa utilizada.



## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação do Produto Educacional ocorreu apenas no dia vinte e dois de setembro de dois mil e vinte e dois, em uma turma da 3ª série do Ensino Médio, no Colégio Estadual Conselheiro Carrão (Ensino em Tempo Integral) em Curitiba-PR. Pelo fato de a aplicação ocorrer em quatro aulas, foram escolhidas duas aulas sequenciais separadas por um intervalo pela manhã e duas aulas sequenciais no período vespertino, também separadas por um intervalo. No Quadro 3, apresenta-se o cronograma da aplicação e a descrição das atividades desenvolvidas. Na primeira coluna, temos a sequência das aulas do dia, com seus respectivos intervalos; na coluna 2, as aulas em que houve a aplicação; e na coluna 3, as atividades desenvolvidas em cada aula.

Quadro 3 - Cronograma de Aplicação.

Sequência de Aulas	Aulas de aplicação	Atividade desenvolvida
1º Aula	Rotina de trabalho em outra turma	Conteúdo
2º Aula	<b>Aplicação do Produto</b>	<b>Missão 1</b>
Intervalo (15min)		
3º Aula	<b>Aplicação do Produto</b>	<b>Missão 2</b>
4º Aula	Rotina de trabalho em outra turma	Conteúdo
5º Aula	Rotina de trabalho em outra turma	Conteúdo
Almoço (1h)		
6º Aula	Rotina de trabalho em outra turma	Conteúdo
7º Aula	<b>Aplicação do Produto</b>	<b>Missão 3</b>
Intervalo (15min)		
8º Aula	<b>Aplicação do Produto</b>	<b>Missão 4</b>
9º Aula	Rotina de trabalho em outra turma	Conteúdo

Fonte: O Autor.

Cada missão foi entregue em um envelope lacrado para cada aluno, na aula correspondente. O Envelope 1 continha a Missão 1 e o Cartão de Operações, que também foi utilizado como ficha avaliativa. Foi eficiente a escolha de aplicação nesse formato intercalado de aulas, pois possibilitou aos alunos um descanso breve entre missões, tornando a experiência produtiva e agradável para os estudantes.

Na primeira missão, inicialmente foi apresentado um vídeo curto em formato de desenho animado sobre o GPS, onde o professor Albert Einstein explicava a história e os princípios de funcionamento do GPS de modo lúdico e divertido.

Após os alunos assistirem ao vídeo, o professor iniciou o processo de imersão dos alunos, explicando que seria desenvolvida uma sequência de aulas em que os alunos participariam da aula no estilo de um jogo de RPG, de modo que cada aula seria uma missão e cada missão faria parte de uma missão maior. Para auxiliar no processo de imersão, o professor levou miniaturas de satélites, sondas, veículos de transmissão de sinal e um foguete, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Miniaturas Espaciais



Fonte: O Autor.

Em seguida, temos o Quadro 4, contendo o Cartão de Operações – Secreto, que foi utilizado pelos alunos.

Quadro 4 - Cartão de Operações – Secreto.

CARTÃO DE OPERAÇÕES – SECRETO			
G.I.S	Grupo de Inteligência Sigiloso		Mi-1
Cod	Codinome		Mi-1
Loc	Localidade		Mi-1
$d$	Distância até Pitanga-PR		Mi-1
$h$	Altitude da Localidade		Mi-1
$H$	Altitude de Órbita (Satélites GPS)		Mi-1
$f_1$	Frequência da onda portadora GPS L1		Mi-2
$f_2$	Frequência da onda portadora GPS L2		Mi-2
$v_e$	Velocidade da Onda Eletromagnética		Mi-2
$\lambda_1$	Comprimento de onda 1		Mi-2
$\lambda_2$	Comprimento de onda 2		Mi-2
$r$	Raio da Órbita de um satélite GPS		Mi-2
$G$	Constante Gravitacional		Mi-2
$M$	Massa da Terra		Mi-2
$m$	Massa do Satélite		Mi-2
$F$	Força Gravitacional		Mi-2
$c_w$	Coefficiente de Arrasto		Mi-3
$\rho$	Densidade do Ar		Mi-3
$A$	Área da seção transversal		Mi-3
$v_p$	Velocidade do Projétil		Mi-3
$W$	Força de Arrasto		Mi-3
$d1$	Distância 1 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d2$	Distância 2 ( $c_w = 0$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d3$	Distância 3 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4
$d4$	Distância 4 ( $c_w = 0$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4

Fonte: O autor.

Os alunos começaram a se organizar e a interagir entre si, buscando e conferindo as informações encontradas. Houve uma grande empolgação e, assim, eles se organizaram de modo a cooperarem entre si. Imersos na missão, conversavam e estavam completamente envolvidos com a aula. Utilizaram a criatividade e o Google (ferramenta online de busca) para responder aos cinco primeiros itens referentes à Missão 1 (Figura 15).

Figura 15 - Alunos durante a aplicação do produto.



Fonte: O Autor.

Conforme os alunos iam completando suas missões, eventualmente ajudavam algum colega que estava com dificuldades ou se dirigiam ao professor em busca da nova missão, muito ansiosos para assumir a segunda Missão. No segundo caso, o professor orientava-os a conferirem entre si os resultados encontrados, que ajudassem algum colega ou que se aprofundassem no assunto, aproveitando a ferramenta disponível. O tempo de aula para a missão foi suficiente para todos os alunos.

Como previsto, os alunos concluíram a primeira missão com êxito e, na aula seguinte, após o intervalo, o professor fez a leitura da segunda missão. Na sequência, os alunos iniciaram a missão com entusiasmo e maior agilidade, devido à experiência adquirida na missão anterior. Nesta missão, os alunos coletaram e encontraram dados através das fórmulas fornecidas. Devido ao volume maior de informações a serem coletadas e processadas (calculadas), o nível de concentração e interação dos alunos foi mais acentuado. Sendo assim, o professor auxiliou de forma pontual, dando dicas de como manipular as fórmulas.

Na terceira missão, após a leitura do professor, os alunos organizaram-se de forma muito rápida e ágil, conseguindo encontrar a força de arrasto. O fato de existirem valores já determinados no enunciado fez com que os alunos voltassem ao texto para revisar os valores utilizados. Alguns alunos inicialmente procuraram todos os valores no Google e tiveram que refazer quando compararam os resultados com os colegas. Como esperado, a cooperação entre os alunos foi o ponto alto da missão.

Finalmente, na quarta missão, os alunos (Figura 16), após a leitura preliminar do professor, iniciaram o desenvolvimento do lançamento do satélite pessoal via simulador PhET Colorado ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion)). Atentos às orientações, alimentaram o simulador com os dados coletados, a fim de testarem seus parâmetros e registrarem seus resultados no cartão de operações. Foi perceptível o interesse dos alunos em trabalhar com o simulador. Eles foram incentivados a explorar o máximo possível, pois até o último registro, os alunos, através de tentativa e erro, deveriam conseguir atingir o alvo com o tiro de canhão.

Figura 16 - Alunos usando o simulador PhET.



Fonte: O Autor.

Conforme solicitado, assim que terminassem a coleta de dados, os alunos deveriam comparar seus dados entre si para finalmente determinar qual seria o melhor local para o lançamento do satélite, tomando como base os parâmetros coletados e devidamente processados. Ao final da última missão, perceberam de forma mais clara que tudo estava interligado desde o início e reconheceram que o lançamento de satélites deve levar vários conceitos físicos e científicos em conta, a fim de atingir o objetivo com maior eficiência.

## 4.2 RELATO DOS ESTUDANTES

Cada aluno é único e aprende de uma forma única. Sendo assim, é recomendável que o professor explore da melhor forma possível, potencializando o que o aluno já tem facilidade e mitigando o que tem dificuldade. Sempre que possível, é interessante o trabalho integrado e colaborativo entre os alunos, pois assim a aprendizagem se torna mais natural e efetiva, privilegiando o protagonismo dos alunos<sup>5</sup>.

Um dia após a aplicação do produto, foi solicitado pelo professor que cada aluno relatasse com suas palavras as experiências durante a aplicação. Seguem cinco relatos sobre a aplicação.

Estudante identificado como A-27, relato 1:

*“Desde o começo do ano essas 4 aulas foram as que eu mais gostei, e acho que foram as que eu mais interagi também. As missões foram muito legais, o jeito que o professor digitalizou as missões foi maneiro, o jeito como explicou e interagiu com a gente foi muito legal. Eu nunca tinha procurado saber sobre satélites e nessas aulas aprendi até como um foguete lança um satélite, descobri que o primeiro satélite lançado no espaço se chama SPUTNIK. E foi nessas aulas que eu consegui entender e aprender sobre as fórmulas, aprendi a montar e resolver as contas. Nessas aulas minha turma se transformou em um G.I.S (grupo de inteligência secreto) cada estudante virou um oficial cientista cada um com um codinome, o meu era tcr-27, e agora estávamos em uma Missão Aeroespacial Ultra Secreta, com o objetivo de desenvolver e mandar um novo satélite para o espaço. Esqueci de falar que o nome da turma 3ªA nessa missão se tornou SPUTNIK em homenagem ao primeiro satélite enviado no espaço. Eu gostei de todas as 4 missões, porém a número 4: simulação de lançamentos de foguetes usando o PHET foi a que mais gostei, e nessa tínhamos que acertar um alvo de 20,0m com um “canhão” mechemos na massa, diâmetro, gravidade, resistência do ar e altitude tínhamos que alterar tudo isso para acertar o alvo mas como isso foi prático foi bem interessante. (Dados da Pesquisa, 2022)”*

Estudante identificado como A-22, relato 2:

*“Na aula do dia 22/09, quinta-feira, tivemos aulas muito didáticas dadas pelo professor Luís. A atividade consistia basicamente em um RPG, onde os alunos faziam parte de um grupo de inteligência secreto (G.I.S). O exercício foi dividido em partes, 4 missões. A primeira delas era criar um codinome para “tempos de guerra”, também devíamos preencher a nossa localidade, não podendo ser a cidade de Curitiba- PR e nem Pitanga- PR. Em sequência, na missão 2, os alunos (oficiais cientistas), tinham a tarefa de descobrir a força gravitacional e também o valor da massa da terra  $M$ . A e massa do satélite  $m$ , adotamos o número de chamada individual e o  $R$  utilizamos sites de*

---

<sup>5</sup> O ensino de Física é uma importante área de pesquisa, tendo em vista que é a disciplina que tem como principal missão esclarecer os fenômenos presentes no dia a dia da humanidade. Tal objetivo, devido à sua abstração, deve ser orientado pela inovação e dinamismo. O professor de Física deve buscar metodologias ativas que desperte e mantenham o interesse dos estudantes no conteúdo.

*pesquisa, já a missão 3, tivemos que encontrar a força de arrasto que é representada pela letra W. Depois de realizar todos os exercícios propostos nós nos preparamos para as simulações de lançamento que vão acontecer na sequência e revisar o preenchimento correto do cartão de operações. É fundamental que tudo esteja correto até aqui. Na última missão, tivemos uma tarefa bem dinâmica usando um aplicativo de simulação de lançamento de foguete, o objetivo era atingir o alvo preenchendo os dados com o que já tínhamos e alterando só a massa. Falando de experiência pessoal, foi uma aula divertida que prendeu nossa atenção e nos fez ficar mais interessados no conteúdo. Gostaria que tivéssemos mais aulas desse estilo. (Dados da Pesquisa, 2022)”.*

#### Estudante identificado como A-33, relato 3:

*“Eu achei muito interessante a aula que o professor preparou para nós, ele se superou, realmente muito divertido, eu achei que não ia conseguir fazer, mas consegui. Sendo física eu acho um pouco complicado, mas na atividade do professor não. Foi super fácil, era só ler e entender bem, teve coisas sobre satélite. Interessante que foi em grupo e todos fizeram. Tinham coisas sobre GPS que eu não sabia e fui aprender em física moderna. Todos da nossa turma que estavam presentes conseguiram chegar num resultado diferente, achei interessante achar a força gravitacional, massa do corpo 1, massa do corpo 2 e a distância entre as massas. Também lançamos um foguete, só tivemos que preencher o cartão de operações porque os satélites são colocados em órbita via foguete. Tivemos que levar o satélite era tipo um jogo. Era só achar um meio de propulsão, usamos um canhão também, tivemos que disparar e saber a distância. (Dados da Pesquisa, 2022)”.*

#### Estudante identificado como A-8, relato 4:

*“A atividade que minha turma realizou na última quinta-feira foi uma sacada genial do professor Luís Henrique que acabou prendendo a minha atenção nas 4 aulas que foram utilizadas. A atividade foi algo que eu nunca tinha visto, misturava RPG com física para no fim nos ensinar sobre GPS, altitude e gravidade, nas aulas eram entregues papéis com um número de sua missão mandando você utilizar o google como fonte de pesquisa, tudo isso com uma escrita formal fantasiando um mundo todo para os alunos. Eu gostei muito do final onde entramos num simulador de disparo e com todos os cálculos que fizemos até então deveríamos acertar um alvo que infelizmente contava com a sorte por conta que os cálculos utilizavam o número de chamada. Achei que foi uma das melhores aulas do ano por conta da criatividade do exame além de ser uma aula prática e imersiva, adorei trabalhar com a equipe Sputnik. (Dados da Pesquisa, 2022)”.*

#### Estudante identificado como A-4, relato 5:

*“Bom, vou falar o que a gente fez na aula passada eu achei muito legal e divertida, as missões foram bem detalhadas e interessantes e também achei legal e consegui entender melhor sobre as contas. E também gostei do modo que foi feita cada missão, pareceria que a gente estava na base e fazendo cada etapa da missão para mandarmos o satélite para o espaço para que conseguíssemos cumprir o objetivo da missão. Na missão 4, nós oficiais cientistas tivemos que entrar num site para usar um simulador e utilizamos alguns parâmetros específicos. Resumindo, eu adorei de verdade e quero mais aulas assim pois achei muito interessante aula assim. (Dados da Pesquisa, 2022)”.*

Após as observações em sala e a leitura dos relatos, percebe-se que existem diversas potencialidades neste trabalho, pois é possível expandi-lo de modo a utilizar diversas abordagens. Seria possível uma história anterior e com outros conteúdos que, ao final, se conectasse com essas missões e também seria possível uma história em sequência a esta. Certamente, as possibilidades de conexão são inúmeras e eficientes se bem exploradas. O conteúdo pode ser facilmente adaptado a uma sequência sobre astronomia, termodinâmica, cinemática, hidrostática, dinâmica, eletrodinâmica, entre outros<sup>6</sup>.

Inserido nesta mesma abordagem sobre GPS, seria possível uma exploração de conteúdos de cinemática, tratando das correções de trajetória acelerada do movimento circular envolvendo o movimento de projéteis. Seria possível falar sobre materiais com memória de forma e suas aplicações, assim como contas de movimento envolvendo massa variável.

Através destas novas abordagens possíveis, seria interessante utilizar a teoria das inteligências múltiplas de Howard Gardner, pois quanto mais variados são os conteúdos, mais eficiente se torna uma abordagem livre, em que os alunos possam fazer uso de suas melhores habilidades e assim inspirar e auxiliar seus pares.

A aplicação do produto educacional tinha como alvo uma aprendizagem significativa, de modo que os estudantes se apropriassem dos conteúdos apresentados e os divulgassem entre os outros alunos de outras turmas, compartilhando suas impressões sobre a sequência didática e sobre os conteúdos abordados. Quando um aluno tem interesse em um conhecimento específico e se sente incluído nesse contexto educacional, ele tende a contar sobre o que houve para outras pessoas que não viveram a experiência. A cada vez que ele conta a história, ele revive o momento de aprendizagem e alcança gradativamente um domínio mais amplo do conhecimento, extrapolando o que foi aprendido em sala de aula.

É possível dizer que os objetivos foram alcançados, pois após a aplicação do produto educacional, outros alunos de séries distintas pediram ao professor que repetisse as aulas para suas turmas, o que foi gratificante para o mestrando. A aprendizagem significativa foi alcançada, pois os estudantes demonstraram

---

<sup>6</sup> “Há uma alteração no valor da ciência, quando se entende a importância da sua aplicação e o quanto ela está presente no dia a dia do estudante”. (Dr. Antônio S. M. Castro, 2024)



entendimento dos processos ocorridos durante as missões, beneficiados pelo trabalho em equipe.

## CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais contribuições do trabalho estão diretamente relacionadas às aplicações práticas e ao uso de tecnologias no nosso dia a dia. Através do desenvolvimento das atividades descritas neste trabalho, o aluno sente-se conectado aos conceitos estudados, pois é familiarizado com o uso do GPS, celular, computadores e internet em geral, o que torna o desenvolvimento das aulas mais natural e menos cansativo. Partindo de conhecimentos comuns aos alunos, a possibilidade de aprofundamento e desenvolvimento do conhecimento de forma assertiva é evidente, devido ao maior engajamento dos estudantes.

A evolução do conteúdo, de forma lúdica e aplicada, proporciona um ganho de aprendizagem aos estudantes, permitindo ao docente um caminho seguro e bem pavimentado para o sucesso do binômio ensino-aprendizagem. O interesse do aluno deve ser sempre encorajado, especialmente no desenvolvimento de conteúdos de física que exigem um determinado nível de abstração dos alunos, como a equação de onda, força gravitacional e arrasto. Onda, gravitação e arrasto são temas que podem ser explorados através de experimentos virtuais.

A apresentação do assunto GPS, envolvendo o lançamento de satélites a partir de foguetes, é uma estratégia de ensino que favorece o aprendizado, pois são temas modernos, populares e atraentes. Este trabalho pode ser encarado como o início de um projeto maior, pois as possibilidades são vastas para expandir a história e utilizar conteúdos que não foram explorados, como por exemplo cinemática, força centrípeta, força peso, energia cinética, energia potencial, eletromagnetismo, termodinâmica, entre outros.

É esperado que este trabalho seja reproduzido por outros professores e, devido ao formato bem elaborado e autoexplicativo, o docente se torna parte da história e um colaborador no processo que é prioritariamente desenvolvido pelos estudantes<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> A abordagem da teoria das múltiplas inteligências durante a aplicação do produto, mostrou-se eficiente e natural, pois permitiu que os alunos trabalhassem com liberdade e autonomia, explorando os pontos fortes uns dos outros e se apoiando nos momentos de dificuldade.

## REFERÊNCIAS

AMIRUDDIN, M. Z. B.; NISA, W. Z.; RAHMAN, S. M. I. B.; SAINI, N. A. M. B. Future Prospect of Gamification-Based Mobile in Physics Learning. **Jurnal Penelitian Pendidikan Sains**, Vol. 12, Nº 1, 40-55, 26 Nov. 2022.

<https://www.doi.org/10.26740/jpps.v12n1.p40-55>

BIG THINK. **Howard Gardner**. 2023. 1 fotografia, color. Disponível em:

<https://bigthink.com/wp-content/uploads/2016/02/Howard-Gardner-Profile.jpg?resize=512,512>. Acesso em 20/04/2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Disponível em:

[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_sit e.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf). Acesso em 20/04/2023.

CASSIE, J. **Level Up Your Classroom: The Quest to Gamify Your Lessons and Engage Your Students**. ASCD, 2016, 180 p.

FAMOUS SCIENTISTS **Isaac Newton**. famousscienists.org. 20 Feb. 2015. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://www.famousscienists.org/images1/isaac-newton.png>. Acesso em 24/05/2023.

GARDNER, H.. **Criador da Teoria das Inteligências Múltiplas quer aplicar novo projeto no Brasil**. Entrevista cedida a AVANCINI, M. Revista Educação. Ed. 253, 22 de outubro de 2018. Disponível em:

<https://revistaeducacao.com.br/2018/10/22/teoria-das-inteligencias-multiplas/>. Acesso em 20/04/2023.

GARDNER, H. **Estruturas da Mente: a Teoria das Inteligências Múltiplas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.

GUIMARÃES, D. **Teoria das Inteligências Múltiplas, qual é a sua?**. Fev. 2015. 1 ilustração, color. Disponível em: <http://www.fapcom.edu.br/wp-content/uploads/2015/02/Multiplas-Inteligencias-.jpg>. Acesso em 02/05/2023.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 13ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2023.

INSTITUTO PORVIR. **Dimensões e Desenvolvimento das Competências Gerais da BNCC**. 2023. 1 ilustração, color. Disponível em:

[https://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2018/03/BNCC\\_Competicencias\\_Progressao.pdf](https://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2018/03/BNCC_Competicencias_Progressao.pdf). Acesso em 20/04/2023.

JB\_MAGNETIC. **Ondas eletromagnéticas**. 03 de abr. de 2013. 1 ilustração, color.

Disponível em: <https://5932bb2d7a.cbacdnwnd.com/88a487a244c7f0e6d502059bc862994e/200000007-92d5193cf6/Capturar.JPG>. Acesso em 22/05/2023.

KATANOSAKA, T.; KHAN, M. F. F.; SAKAMURA, K. A Physics Learning System Using Gamification for High-School Students. **11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)**, Fujisawa, Japan, p. 167-171, 2023. doi: 10.1109/ICIET56899.2023.10111133. Acesso em 13/11/2023.

LEE, J. J.; HAMMER, J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? **Academic Exchange Quarterly**, 15(2), 2011.  
[https://www.researchgate.net/publication/258697764\\_Gamification\\_in\\_Education\\_What\\_How\\_Why\\_Bother](https://www.researchgate.net/publication/258697764_Gamification_in_Education_What_How_Why_Bother).

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Livro 1/2. Ed.,3. Reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

PhET. **Physics Education Technology**. (2023) Disponível em <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

SIA - SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION. **GPS & Navigation**. 2021. 1 ilustração, color . Disponível em: <https://sia.org/wp-content/uploads/2019/11/gps-navigation2.jpg>. Acesso em: 02/05/2023.

SALA DE FÍSICA. **Lançamento De Satélites**. [2023]. 1 ilustração, preto e branco. Disponível em: <https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/lançamento11.gif>. Acesso em 10/06/2023.

SCUSSEL, A. **Novo satélite GPS envia primeiros sinais do espaço**. 18 de jul. de 2011. 1 ilustração, color Disponível em: <https://mundogeo.com/wp-content/uploads/2011/07/gps2rart.jpg>. Acesso em 17/07/2022.

SHELDON, L. **The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game**. Boston, MA: Cengage Learning, 2012. 284 p.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. 2, Vol.3. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006.

VINHOLES, T. **Centro de Alcântara é aberto para lançamentos espaciais de empresas estrangeiras**. 3 de junho de 2020. 1 fotografia, color. Disponível em: [https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara\\_AEB-960x640.jpg](https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara_AEB-960x640.jpg). Acesso em 18/05/2023.

WIKIPÉDIA. **Ludwig Prandtl**. 4 de fev. de 2022. 1 fotografia, preto e branco. Disponível em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl\\_portrait.jpg/200px-Prandtl\\_portrait.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl_portrait.jpg/200px-Prandtl_portrait.jpg). Acesso em 30/05/2023.

ZOURMPAKIS, A.-L.; KALOGIANNAKIS, M.; PAPADAKIS, S. A Review of the Literature for Designing and Developing a Framework for Adaptive Gamification in Physics Education. Chapter 5. TAŞAR, M. F.; HERON, P. R. L. **The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics**, 1-26, 2022. doi: 10.1063/9780735425712\_005. Acesso em 27/08/2023.

## APÊNDICE I

### Listagem das Fontes das Figuras Usadas no Texto

**Figura 1** - Competências Gerais descritas na BNCC.

INSTITUTO PORVIR. **Dimensões e Desenvolvimento das Competências Gerais da BNCC**. 2023. 1 ilustração, color. Disponível em: [https://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2018/03/BNCC\\_Competencias\\_Progressao.pdf](https://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2018/03/BNCC_Competencias_Progressao.pdf). Acesso em 20/04/2023.

**Figura 2** - Howard Gardner.

BIG THINK. **Howard Gardner**. 2023. 1 fotografia, color. Disponível em: <https://bigthink.com/wp-content/uploads/2016/02/Howard-Gardner-Profile.jpg?resize=512,512>. Acesso em 20/04/2023.

**Figura 3** - Tipos de Inteligências Múltiplas.

GUIMARÃES, D. Teoria das Inteligências Múltiplas, qual é a sua?. Fev. 2015. 1 ilustração, color. Disponível em: <http://www.fapcom.edu.br/wp-content/uploads/2015/02/Multiplas-Inteligencias-.jpg>. Acesso em 02/05/2023.

**Figura 4** - Trilateração de Satélites.

SIA - SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION. **GPS & Navigation**. 2021. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://sia.org/wp-content/uploads/2019/11/gps-navigation2.jpg>. Acesso em: 02/05/2023.

**Figura 5** - Centro de Lançamentos de Alcântara – MA.

VINHOLAS, T. **Centro de Alcântara é aberto para lançamentos espaciais de empresas estrangeiras**. 3 de junho de 2020. 1 fotografia, color. Disponível em: [https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara\\_AEB-960x640.jpg](https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara_AEB-960x640.jpg). Acesso em 18/05/2023.

**Figura 6** - Satélite GPS - SVN-63.

SCUSSEL, A. **Novo satélite GPS envia primeiros sinais do espaço**. 18 de jul. de 2011. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://mundogeo.com/wp-content/uploads/2011/07/gps2rart.jpg>. Acesso em 17/07/2022.

**Figura 7** - Onda Eletromagnética.

JB\_MAGNETIC. **Ondas eletromagnéticas**. 03 de abr. de 2013. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://5932bb2d7a.cbaul-cdnwnd.com/88a487a244c7f0e6d502059bc862994e/200000007-92d5193cf6/Capturar.JPG>. Acesso em 22/05/2023.

**Figura 8** - Isaac Newton e a Gravitação Universal.

FAMOUS SCIENTISTS **Isaac Newton**. famousScientists.org. 20 Feb. 2015. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://www.famousScientists.org/images1/isaac-newton.png>. Acesso em 24/05/2023.

**Figura 9** - Ludwig Prandtl.

WIKIPÉDIA. **Ludwig Prandtl**. 4 de fev. de 2022. 1 fotografia, preto e branco.

Disponível em:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl\\_portrait.jpg/200px-Prandtl\\_portrait.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl_portrait.jpg/200px-Prandtl_portrait.jpg). Acesso em 30/05/2023.

**Figura 10** - Esquema de Lançamento de Satélite

SALA DE FÍSICA. **Lançamento De Satélites**. [2023]. 1 ilustração, preto e branco.

Disponível em: <https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/lancamento11.gif>.

Acesso em 10/06/2023.

**Figura 11** - Print da tela inicial da simulação PhET.

2023. 1 ilustração, color.

Fonte: O Autor.

**Figura 12** - Print da tela da simulação PhET do movimento de projétil.

2023. 1 ilustração, color.

Fonte: O Autor.

**Figura 13** - Print da tela da simulação PhET para a determinação de parâmetros para a bala de canhão

2023. 1 ilustração, color.

Fonte: O Autor.

**Figura 14** - Miniaturas espaciais.

2023. 1 fotografia, color.

Fonte: Acervo do Autor.

**Figura 15** - Alunos durante a aplicação do produto.

2023. 1 fotografia, color.

Fonte: Acervo do Autor.

**Figura 16** - Alunos usando o simulador PhET.

2023. 1 fotografia color.

Fonte: Acervo do Autor

## APÊNDICE II

Produto Educacional: Missão Aeroespacial Ultra Secreta **(M.A.U.S.)**

**MISSÃO AEROESPACIAL ULTRA SECRETA (M.A.U.S.)**

**LUÍS HENRIQUE MENDES DE SOUZA  
SILVIO LUIZ RUTZ DA SILVA**

Ponta Grossa - 2024



## APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Em um tempo não tão distante, quando era necessário se deslocar de um ponto a outro, utilizar-se de mapas, listas telefônicas e principalmente da conversa com outras pessoas para adquirir o conhecimento sobre localizações e destinos. Era comum quando existia algum compromisso como uma consulta médica em um bairro distante, era indagado por telefone, o nome da rua, um ponto de referência e qual transporte público era responsável pelo atendimento de locomoção da região em questão.

Ainda era necessário fazer uma estimativa sempre imprecisa sobre o tempo de deslocamento. Com a chegada dos sistemas de geolocalização, esses problemas da vida diária foram mitigados de modo a ser necessário apenas inserir no sistema, o endereço desejado.

As opções de locomoção aparecem automaticamente já com o tempo previsto de deslocamento, possibilitando assim um planejamento de vida muito mais eficiente, pois o sistema é constantemente atualizado, levando em conta o movimento das vias utilizadas e traçando novas rotas a fim de otimizar o trajeto. É de consenso geral que a mobilidade urbana e as viagens em geral ficaram mais fáceis e eficientes graças a esta ferramenta profundamente difundida e popularizada.

A grande questão é que as pessoas estão utilizando uma tecnologia sem fazer a mínima ideia de como ela foi concebida, como funciona, quais as fragilidades do sistema, como o sistema se mantém ativo e se demanda de algum tipo de manutenção e atualização.

O objetivo geral do produto educacional é reconhecer a importância da tecnologia no cotidiano, de modo que o estudante compreenda verdadeiramente a essência do funcionamento do GPS, sendo capaz de traçar um planejamento de lançamento de satélites e raciocinar sobre as vantagens e desvantagens do sistema.

Os objetivos específicos do produto educacional estão diretamente relacionados em exercitar e aprimorar a capacidade dos alunos em trabalhar em equipe, utilizar a internet e o GPS como fonte de estudo e coleta de dados, identificar e preencher corretamente a tabela de dados (Cartão de Operações), resolver situações problema, encontrar aplicar dados experimentais, resolver e compreender a equação de onda, força gravitacional, força de arrasto assim como suas grandezas

físicas e suas respectivas unidades de medida, entender os conceitos físicos básicos envolvidos no lançamento de foguetes, aplicar conceitos aprendidos na teoria em simuladores de experimentos de física.

## GAMIFICAÇÃO E RPG NO ENSINO DE FÍSICA

Gamificação e *Role-Playing Games* (RPG) são integrados ao ensino de física para aumentar a motivação e o engajamento dos alunos, pois representam abordagens inovadoras e envolventes que podem transformar a aprendizagem, tornando-a mais interativa e significativa.

Estudos demonstraram que sistemas de aprendizagem interativos e gamificados têm um impacto positivo no engajamento e na motivação do usuário (Katanosaka; Khan; Sakamura, 2023). Abordagens de gamificação adaptativa, que ajustam elementos de jogo com base nas características dos usuários, foram propostas para aumentar o envolvimento do aluno no ensino de física (Katanosaka; Khan; Sakamura, 2023).

A pesquisa sobre gamificação na educação, incluindo o aprendizado de física, cresceu na última década e tem mostrado contribuições positivas para o campo (Zourmpakis; Kalogiannakis; Papadakis, 2022). Especificamente, descobriu-se que o ensino gamificado em física aumenta significativamente a motivação dos alunos, incluindo motivação intrínseca, autoeficácia, motivação escolar, motivação profissional e autodeterminação (Amiruddin, 2022).

A gamificação no contexto educacional refere-se à aplicação de elementos e princípios de design de jogos em ambientes de aprendizagem não lúdicos. Como discutido no livro "*The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*" de Sheldon (2012) e no artigo "*Gamification in Education: What, How, Why Bother?*" de Lee e Hammer (2011), a gamificação busca aumentar o engajamento e a motivação dos alunos por meio da incorporação de elementos como pontos, níveis, desafios, feedback imediato e recompensas.

Esses elementos ajudam a criar uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e estimulante, onde os alunos são incentivados a participar ativamente e a assumir um papel mais central em seu processo de aprendizagem.

Os RPGs, em um contexto educacional, envolvem os alunos em assumir papéis e personagens, frequentemente em cenários fictícios, para explorar e resolver problemas relacionados ao conteúdo curricular. Como exemplificado em "*Level Up Your Classroom: The Quest to Gamify Your Lessons and Engage Your Students*" de Cassie (2016) e em vários estudos apresentados em revistas acadêmicas, os RPGs

promovem habilidades como trabalho em equipe, resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade.

Ao assumir personagens, os alunos podem explorar conceitos de física de uma maneira mais contextualizada e relevante, tornando o aprendizado mais atraente e aplicável à vida real.

A combinação de gamificação e RPG no ensino de física oferece uma abordagem pedagógica poderosa. Ao gamificar o currículo de física e incorporar elementos de RPG, os professores podem criar um ambiente de aprendizagem que não apenas desperta o interesse dos alunos, mas também os ajuda a entender e aplicar conceitos complexos de maneira mais eficaz.

A aplicação dessas técnicas no ensino de física permite que os alunos se envolvam profundamente com o material, participando ativamente na construção de seu conhecimento através de atividades práticas e desafios contextualizados. Em geral, a integração de elementos de gamificação e RPG no ensino de física tem o potencial de tornar o aprendizado mais agradável, empolgante e desafiador para os alunos, levando a uma maior motivação e engajamento.

A integração de gamificação e RPG no ensino de física representa uma alternativa significativa ao ensino tradicional por incorporar métodos mais interativos e centrados no aluno. Essas abordagens não apenas tornam o aprendizado mais agradável, mas também têm o potencial de melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos físicos complexos. Ao usar essas estratégias, os educadores podem criar uma experiência de aprendizagem mais envolvente e eficaz, preparando os alunos para enfrentar desafios reais e aplicar o conhecimento de maneira prática e significativa.

## FÍSICA DOS SATÉLITES E DO GPS

O Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* - GPS) é de propriedade do governo dos EUA e operado pela Força Espacial dos Estados Unidos para atender às necessidades de defesa, civis, empresariais e científicas do governo. O GPS fornece atualmente dois níveis de serviço: Serviço de Posicionamento Padrão (SPS) e Serviço de Posicionamento Preciso (PPS). O SPS civil está disponível para todos os usuários de forma contínua, em todo o mundo, livre de quaisquer encargos diretos do usuário. O acesso ao PPS militar é restrito às Forças Armadas dos EUA, agências do governo federal dos EUA e forças armadas e governos aliados selecionados.

Os satélites GPS fornecem aos usuários em todo o mundo uma série de serviços em solo, nos oceanos e no ar. Seguem-se alguns exemplos: Serviços de Posição e Navegação, Atualização da Constelação GPS III, Navegação em Automóveis, Navegação Agrícola, Navegação Marítima, Rastreamento e Navegação de Aviação, Resposta e Gerenciamento de Emergências, Temporização, Telefonia Celular e Redes. O Sistema de Posicionamento Global é o sistema norte-americano de navegação via satélite e software de geolocalização desenvolvido em 1978 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

Ao todo, são 24 satélites que orbitam ao redor do globo terrestre e fornecem os sinais necessários para que aparelhos específicos, smartphones, notebooks, tablets e afins identifiquem a posição em que se encontram. Uma situação relevante é que, como os Estados Unidos da América são donos do sistema, eles podem ligar ou desligar o sistema de acordo com seus interesses.

No ano de 1989, o sinal foi liberado para acesso dos civis, mas com um sinal que permitia uma precisão de um raio de até 100 metros. Neste mesmo momento, o exército já fazia uso de um sinal com precisão de até 10 metros. Porém, em 1990, os EUA entraram na Guerra do Golfo, e por não haver receptores de GPS com precisão militar suficiente para as tropas, o Departamento de Defesa se viu obrigado a comprar o estoque dos civis e assim acabaram liberando o sinal de maior precisão para todos.

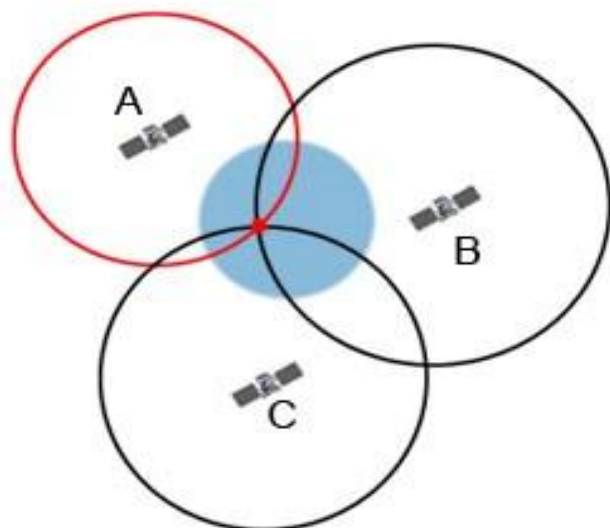
O funcionamento do GPS é basicamente viabilizado pela utilização de três satélites que, através do cruzamento entre suas informações, conseguem determinar com precisão a localização de um aparelho receptor e ainda se utilizam de outro satélite para determinar a altura em relação ao nível do mar em que se encontra o

receptor. A figura 4 ilustra como o GPS funciona, demonstrando como é feita a triangulação do sinal.

Basicamente, o primeiro satélite delimita uma área em um raio determinado, o segundo satélite, através da sobreposição entre círculos, reduz essa área para dois pontos, e o terceiro satélite determina por sobreposição qual desses pontos se encontra o receptor. Um quarto satélite determina a altitude em que se encontra o receptor.

Em outras palavras, cada um dos três ou mais satélites GPS transmitirá suas coordenadas de localização ao receptor no dispositivo ou terminal. Depois que a distância dos satélites é medida, o dispositivo GPS pode calcular a localização precisa do dispositivo na superfície da Terra. Isso é feito por meio de trilateração, e quanto mais satélites (mais que três) forem usados, mais precisos serão os dados de posição. Para se determinar a distância do satélite em relação ao receptor, utiliza-se da diferença entre o tempo medido no relógio do satélite e no receptor.

Figura 8 - Trilateração de Satélites.



Fonte: SIA (2021).

## Física Do Sistema De Posicionamento Global

Os princípios físicos mais utilizados em que se baseia o GPS são as áreas de cronometria e ondas eletromagnéticas. As principais áreas da física envolvidas no funcionamento do GPS são: cronometria, ondas eletromagnéticas, relatividade geral, relatividade especial e triangulação.

De acordo com Hewitt (2023), um instrumento relevante para o GPS é a antena fractal. Como outros fractais, tem a forma que se repete. Uma vez que ela é dobrada da forma autossimilar projetada, uma antena fractal pode ser comprimida em um espaço pequeno, possibilitando assim sua fixação no interior do próprio aparelho, e pode operar simultaneamente em diferentes frequências. Significando assim que uma única antena pode ser usada para funções distintas, como captar conversas de celular e sinais de aparelhos GPS em navegação. Esse é o tipo de antena que existe nos smartphones.

A relatividade geral, basicamente, é uma teoria física desenvolvida por Albert Einstein e é essencial para o GPS funcionar corretamente. Devido à gravidade da Terra, o tempo passa mais devagar perto da superfície da Terra em comparação com altitudes mais altas. Isso ocorre porque a gravidade influencia o espaço-tempo. Os satélites do GPS estão em órbita a cerca de 20.000 km acima da Terra, onde a gravidade é mais fraca, e o tempo passa um pouco mais rápido. Para compensar essa diferença, os relógios do GPS a bordo dos satélites são ajustados para compensar a dilatação do tempo.

A relatividade especial também é importante no GPS devido ao fato de os satélites se moverem com velocidades muito altas em relação aos receptores na Terra. A relatividade especial prevê que o tempo passa mais devagar para objetos que se movem rapidamente em relação a um observador estacionário.

A cronometria é a parte da física responsável pelas medidas de tempo; assim, os relógios nos satélites GPS precisam ser ajustados sincronizando-se com o tempo em relação aos receptores na Terra. É através da diferença entre os tempos medidos que é possível a triangulação. Partindo das diferenças de tempo, o receptor pode calcular a distância entre ele e o satélite utilizando o princípio de que a velocidade da luz possui um valor constante de acordo com o meio (sendo medida no vácuo

299.792.458,00 m/s e no ar 299.702.547,00 m/s). Por meio do cálculo das distâncias, o receptor pode determinar sua posição em relação aos satélites e, assim, obter suas coordenadas geográficas de altitude, longitude e latitude.

A triangulação é o que o GPS usa para determinar a localização de um receptor na Terra. Os satélites GPS enviam sinais que são recebidos pelos receptores, e o tempo que leva para os sinais viajarem da fonte até o receptor é medido. Esses tempos de viagem são usados para calcular a distância entre o satélite e o receptor. Usando a localização conhecida de vários satélites, é possível triangular a posição exata do receptor na Terra.

O sistema de GPS é extremamente dependente da transmissão e recepção de sinais de rádio entre os satélites e receptores na Terra. Esses sinais são ondas eletromagnéticas que viajam à velocidade da luz. A física das ondas eletromagnéticas é importante para entender como os sinais viajam no espaço, como eles são transmitidos e como são recebidos pelos receptores.

Essas são algumas das principais áreas da física envolvidas no funcionamento do sistema GPS. A combinação desses princípios físicos permite que o GPS forneça informações precisas de localização em todo o mundo.

Além da física envolvida na medição das diferenças de tempo entre os sinais, existem outros fatores físicos que podem afetar a precisão do GPS. Isso inclui a velocidade da luz ao atravessar a atmosfera terrestre, que pode variar devido a fatores como a densidade do ar e a ionosfera. Para corrigir essas variações, os receptores GPS utilizam modelos matemáticos e informações adicionais transmitidas pelos satélites para fazer ajustes precisos nas medições. Portanto, a física desempenha um papel essencial no funcionamento do GPS, permitindo que os receptores recebam e processem os sinais dos satélites para determinar com precisão a posição geográfica.

No quadro 1, a seguir, temos as respectivas equações utilizadas no trabalho e que contemplam a física do GPS.



Quadro 1 - Equações e conceitos.

Equação	Conceito Envolvido
$v_e = \lambda \cdot f$	Equação fundamental de onda, que possibilita encontrar respectivamente a velocidade da onda eletromagnética, o comprimento de onda e a frequência.
$F = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$	Equação da gravitação, permite encontrar respectivamente a força gravitacional, as massas dos corpos e o raio.
$W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v_p^2$	Equação do Arrasto, permite encontrar a força de arrasto, coeficiente de arrasto, densidade do ar, área da secção transversal e a velocidade do projétil.

Fonte: O autor.

### O Lançamento De Satélites:

O lançamento de satélites é um processo instigante, complexo e desafiador que envolve vários conceitos e princípios da física aplicada. Dentre os principais aspectos físicos envolvidos, temos a mecânica de voo, a gravidade, a dinâmica orbital, a energia cinética e potencial, assim como a resistência do ar.

No que tange à Mecânica de Voo, o lançamento de um satélite envolve o uso de foguetes, que são impulsionados por meio da ação e reação de gases ejetados com alta velocidade após a combustão. Esse princípio é baseado na terceira lei de Newton (2016), que afirma que toda a ação tem uma reação igual e oposta. A física envolvida na propulsão dos foguetes é fundamental para o lançamento bem-sucedido e o controle da trajetória.

É evidente que a gravidade desempenha um papel protagonista no lançamento de satélites: a atração gravitacional da Terra deve ser superada para que o foguete que carrega o satélite alcance a órbita desejada. A física da gravidade é importante para calcular a velocidade e a trajetória necessárias para superar essa força e alcançar a órbita desejada. Enquanto o foguete se afasta cada vez mais da Terra, a força gravitacional diminui.

A dinâmica orbital é uma área da física aplicada ao movimento de objetos em órbita. Para que um satélite seja colocado em órbita, é necessário considerar os princípios da física orbital, incluindo a velocidade orbital requerida, a altitude da órbita,

os efeitos da resistência atmosférica e a estabilidade do satélite durante o movimento orbital.

Durante o lançamento do foguete, a energia cinética está associada ao movimento e a energia potencial em relação à altura do foguete em relação à Terra varia constantemente à medida que o foguete é acelerado e a altitude aumenta. Esses conceitos da física são usados para calcular a energia necessária para levar o satélite a alcançar a órbita desejada.

Na fase do lançamento, a resistência do ar é um importante fator a ser levado em consideração. A resistência do ar influencia o formato do foguete e a eficiência do voo, uma vez que é necessário minimizar a resistência para alcançar velocidades mais altas e economizar energia.

O lançamento de satélites é um processo altamente complexo e exige uma compreensão profunda dos princípios físicos envolvidos para garantir o sucesso das missões de lançamento de foguetes e a colocação precisa do satélite em órbita.

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MISSÃO AEROESPACIAL ULTRA SECRETA (M.A.U.S.)**

Em 2020, durante a disciplina "Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio", foi necessário a apresentação de um trabalho de microensino. Os mestrandos foram orientados a gravar uma aula de 5 a 10 minutos de duração, com o foco em uma abordagem direta e sucinta sobre algum tema específico. Com o intuito de homenagear o colega de graduação e de mestrado, decidi fazer minha microaula sobre o GPS.

Mais tarde, já em 2021, durante a disciplina "Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental", foi necessário retomar aquela microaula. Desta vez, era necessário expandi-la para torná-la uma aula experimental de 50 minutos. A motivação para fazer um trabalho incrível veio principalmente do fato de que a microaula apresentada anteriormente não foi um sucesso completo. Sabendo disso, a vontade de superação e o orgulho ferido foram combustíveis para o desenvolvimento de uma aula que foi elogiada pelos docentes da disciplina. Entre as falas após a conclusão da aula, uma que chamou a atenção em meio aos elogios foi a possibilidade de desenvolver o produto do mestrado a partir dessa aula.

Durante uma semana de muita reflexão, foi decidido, em conjunto com meu orientador, dar continuidade a este produto de mestrado, abandonando a ideia anterior. Fiquei e continuo extremamente animado com essa escolha, pois possui um significado profundo e é um trabalho do qual tenho muito orgulho.

Na essência, o produto educacional, denominado "*Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)*", corresponde a uma sequência didática pensada e aplicada no ensino médio, numa turma de 3º ano, no formato de RPG. Os alunos são imersos em um universo científico, onde assumem os papéis de Oficiais Cientistas, responsáveis pelo lançamento de satélites, orientados minimamente por um Oficial Graduado (docente) durante todo o processo.

Para isso ocorrer, foi escrito um roteiro que consiste em 4 missões ultra secretas. Em cada aula, os alunos recebiam um envelope selado contendo a missão a ser desenvolvida, de forma que eles estavam inseridos em um jogo estilo RPG cooperativo, com desafios coletivos e desafios individuais. Isso permitiu explorar ao máximo as potencialidades de cada aluno, incentivando, ao mesmo tempo, o trabalho em equipe. Assim que recebiam a missão, o professor lia o roteiro recebido pelos

alunos com uma entonação de narrador, a fim de inserir ou reinserir os alunos nas missões.

A finalidade do produto é proporcionar aos estudantes uma experiência diferenciada em sala de aula. As apresentações clássicas de conteúdo, como quadro e giz, cópia e responde, tendem a ser maçantes e pouco motivadoras para os estudantes. A oportunidade de fazer diferente e fazer melhor é uma das premissas do mestrado profissional. Desta maneira, a escolha de um tema atual e bem inserido no cotidiano dos estudantes viabiliza um ensino eficaz e atraente. Espera-se que esta sequência didática seja uma importante ferramenta de ensino e uma opção viável no ensino de física. A seguir apresenta-se um detalhamento de cada uma das missões.

### **Briefing: Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)**

#### **Missão 1:**

A situação do sistema de navegação Global Positioning System (GPS) utilizado pelo Brasil está sofrendo um ataque cibernético. A Agência Brasileira de Inteligência (ABIN), em conjunto com a Agência Espacial Brasileira (AEB), está requisitando, em caráter extraoficial e sigiloso, as mentes mais brilhantes e destemidas do país, ou seja, a turma do 3ºA do Colégio Estadual Conselheiro Carrão, localizado em Curitiba-PR, no bairro Uberaba. A turma do 3ºA agora é um G.I.S (Grupo de Inteligência Secreto).

Cada estudante agora é um Oficial Cientista e deverá seguir as instruções na sequência determinada, trabalhando em equipe para atingir os objetivos da missão. Eles utilizarão seus conhecimentos em Física Moderna para retardar o ataque cibernético e, por meio do lançamento de um foguete (satélite auxiliar), resolver a situação crítica, corrigindo eventuais falhas e protegendo definitivamente o sistema, através do lançamento de um satélite backup.

Cada Oficial Cientista receberá por escrito as instruções diárias, tendo em vista que a missão completa levará 4 aulas. Cada etapa é importante e será decisiva no momento de promoção dos oficiais (Avaliação Individual, Diária e Contínua).

A partir deste momento, será efetuada a conferência de contingente (chamada) e cada estudante deve adotar um codinome para tempos de guerra durante a chamada e preencher o campo indicado com a cidade onde nasceu. Não é

permitted to use the city of Curitiba-PR or Pitanga-PR. If born in one of these localities, the student must choose another city within Brazil, without prejudice to the mission.

The base responsible for concentrating the operations is located in Pitanga-PR, due to its strategic geographical position for the security of the information. It is enough to observe the map of the state of Paraná to note the central position of the municipality. The officials must use their GPS (while still functioning) and the internet to collect the necessary data.

Have you ever heard about GPS? The decorated Commander Scientist Albert nos conta uma história incrível e fornecerá informações valiosas sobre a missão através do curto vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=OsYU0xPXsgA>. After watching the video, the officials will be more apt for the mission that follows and for its respective situation-problem.

The Alcântara Launch Base - MA is still not operating for these types of launches due to international policies. It is of common interest to all to know that the Centro Espacial de Alcântara – MA (Figura 5) became operational in 1989 with the launch of the first rocket. Possessing various operational and economic advantages, the CLA (Centro de Lançamentos de Alcântara) has stood out in the national space program, especially in what relates to its possible forms of use, such as the commercial launch of satellites.

Figura 9 - Centro de Lançamentos de Alcântara – MA.



Fonte: Vinholes (2020).

Destaca-se, dentre os centros existentes ao redor do mundo, o CLA, devido à sua posição geográfica estratégica e privilegiada. Posicionado a apenas 2° 18' ao sul da Linha do Equador, o CLA proporciona maiores facilidades nas operações e uma importante redução de custos das atividades espaciais, além de permitir o lançamento seguro de veículos espaciais em uma ampla faixa de azimutes. O azimute é uma medida de abertura angular horizontal, definida em graus entre 0° e 360°, realizada em quatro quadrantes, em sentido horário.

O CLA tem, em sua localização, sua principal vantagem para os lançamentos em órbita equatorial. Embora as órbitas equatoriais se beneficiem diretamente da posição geográfica do CLA, as órbitas polares, para as quais o lançamento de satélites não é diretamente beneficiado por essa posição, também são relevantes. Outras características positivas do CLA incluem a baixa densidade populacional da região e as condições climáticas favoráveis, com um regime de chuvas bem definido e pequenas variações de temperatura.

Diante desta situação crítica, cada oficial avaliará uma nova localização para servir de base de lançamentos para o Brasil. Apenas este G.I.S. pode resolver a situação crítica e evitar o colapso total do sistema de posicionamento global, assim salvando o dia.

Para os oficiais impedirem o ataque cibernético, devem efetuar uma simulação de lançamento de um satélite por localidade. A localidade de cada cientista é uma base secreta de lançamentos de emergência. O cartão de operação e lançamento do satélite deve ser preenchido com precisão e clareza, sendo possível seu entendimento e utilização por qualquer oficial em qualquer momento. Este cartão de operação deverá conter informações preciosas que serão coletadas, devidamente avaliadas e validadas pelo G.I.S.

Utilizem todos os recursos para coletar as informações em fundo cinza de forma coletiva e o restante das informações de forma individual. Porém, o grupo de inteligência deve estar em constante comunicação, e a troca de informações não é proibida, e sim incentivada, de modo que todos atinjam seus objetivos individuais e coletivos.

Ajudem-se mutuamente, pois assim a possibilidade de sucesso da missão aumenta consideravelmente. Segue a imagem do Satélite de renovação e atualização do GPS, que supostamente será lançado pelos Oficiais do G.I.S., o SVN-63 (Figura 6). A sigla SVN significa 'Space Vehicle Number'. A numeração do satélite indica a

sequência de lançamento; ou seja, o SVN-63 é o 63º satélite do sistema GPS a ser lançado.

Figura 10 - Satélite GPS - SVN-63.



Fonte: Scussel (2011).

Os oficiais devem se organizar de modo a encontrar as informações da forma mais eficiente possível. Conforme forem coletando os dados, os oficiais de elite devem compartilhar as informações de uso comum. Utilizem celulares e computadores à vontade. Preenham os 5 primeiros itens do Cartão Secreto (Quadro 2).

Quadro 2 - Cartão de Operações – Secreto.

CARTÃO DE OPERAÇÕES – SECRETO			
G.I.S	Grupo de Inteligência Sigiloso		Mi-1
Cod	Codinome		Mi-1
Loc	Localidade		Mi-1
$d$	Distância até Pitanga-PR		Mi-1
$h$	Altitude da Localidade		Mi-1
$H$	Altitude de Órbita (Satélites GPS)		Mi-1
$f_1$	Frequência da onda portadora GPS L1		Mi-2
$f_2$	Frequência da onda portadora GPS L2		Mi-2
$v_e$	Velocidade da Onda Eletromagnética		Mi-2
$\lambda_1$	Comprimento de onda 1		Mi-2
$\lambda_2$	Comprimento de onda 2		Mi-2
$r$	Raio da Órbita de um satélite GPS		Mi-2
$G$	Constante Gravitacional		Mi-2
$M$	Massa da Terra		Mi-2
$m$	Massa do Satélite		Mi-2
$F$	Força Gravitacional		Mi-2
$c_w$	Coefficiente de Arrasto		Mi-3
$\rho$	Densidade do Ar		Mi-3
$A$	Área da seção transversal		Mi-3
$v_p$	Velocidade do Projétil		Mi-3
$W$	Força de Arrasto		Mi-3
$d1$	Distância 1 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d2$	Distância 2 ( $c_w = 0$ ) - $g = 9,79m/s^2$		Mi-4
$d3$	Distância 3 ( $c_w = 0,47$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4
$d4$	Distância 4 ( $c_w = 0$ ) - $g = 5,00m/s^2$		Mi-4

Fonte: O autor.

### Missão 2:

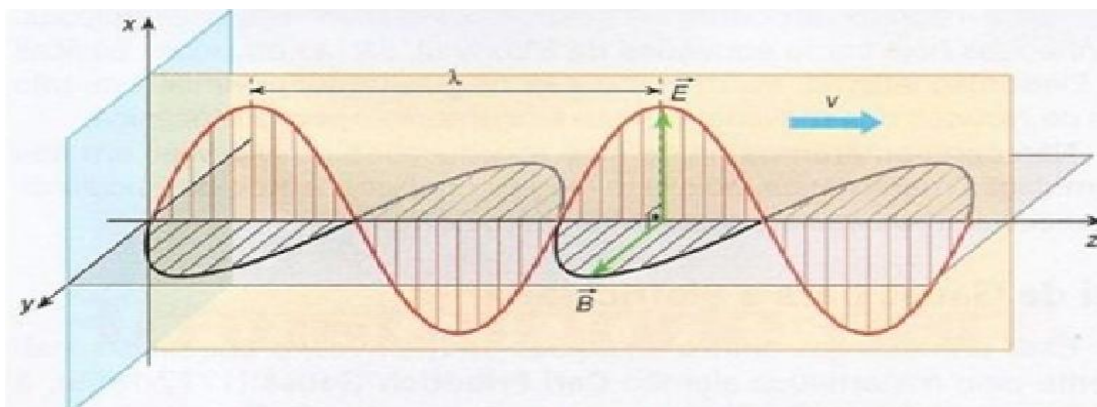
Um oficial cientista precisa de embasamento teórico para saber onde deve posicionar o satélite. Tendo em vista que, ao final da missão, os oficiais cientistas vão lançar um satélite através do simulador PhET (2023).

Heinrich Hertz, em 1888, descobriu as ondas eletromagnéticas e demonstrou que elas possuem as mesmas propriedades da luz. Hertz ainda revelou o efeito fotoelétrico, posteriormente explicado por Einstein, o que rendeu a este último o Prêmio Nobel.

Utilizando as descobertas de Hertz a respeito das ondas eletromagnéticas (Figura 7).



Figura 11 - Onda Eletromagnética.



Fonte: JB\_Magnetic (2013).

Através de relações físicas encontradas em (Tipler; Mosca, 2006), descritas da seguinte forma:

$v_e$  = velocidade da onda, medida em m/s (metros por segundo);

$\lambda$  = comprimento de onda, medido em m (metros);

$f$  = frequência, medida em Hz (Hertz).

É importante que sejam observadas atentamente as unidades de medida adequadas assim como suas proporções equivalentes. Sabe-se que  $1 \text{ Mega} = 1.000.000$  ou  $10^6$  ou seja,  $1 \text{ MHz} = 1.000.000 \text{ Hz}$  ou  $10^6 \text{ Hz}$ . Assim, adotando a velocidade da onda eletromagnética igual a velocidade da luz, tem-se:

$$v = c \quad . \quad (1)$$

: velocidade da onda eletromagnética = velocidade da luz no vácuo:

De acordo com Maxwell (Hewitt, 2023), a luz é uma oscilação de campo elétrico e magnético. Sabendo que a equação fundamental da ondulatória é descrita da seguinte forma:

$$v_e = \lambda \cdot f \quad . \quad (2)$$

Pode ser aplicada para qualquer onda harmônica e por consequência para qualquer onda eletromagnética, é possível fazer uma relação para encontrar os respectivos comprimentos de onda, deve-se utilizar:

$$\lambda_1 = \frac{v_e}{f_1} \quad , \quad (3)$$

$$\lambda_2 = \frac{v_e}{f_2} \quad . \quad (4)$$

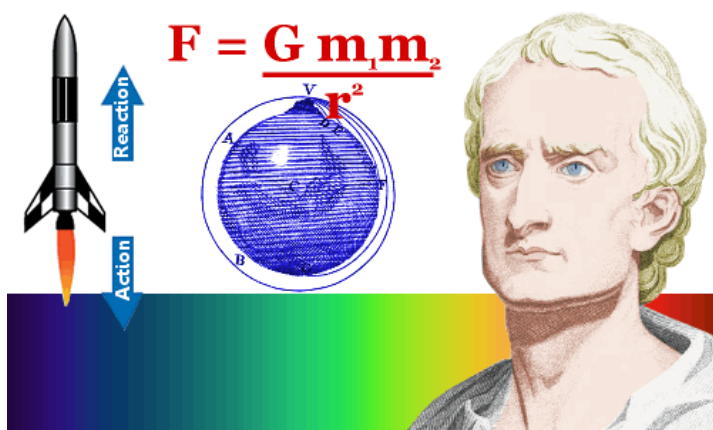
O entendimento do movimento ondulatório pode ser utilizado para explicar o comportamento de qualquer tipo de onda. Ou seja, quando uma onda se propaga

através de um meio, cada ponto do meio oscila em movimento harmônico simples. Assim sendo, a distância mínima em que há repetição da onda, ou a distância entre repetições, é chamada de comprimento de onda.

Ficou evidente que as ondas viajam grandes distâncias com grandes velocidades. Na sequência, os oficiais cientistas devem identificar grandezas referentes à força gravitacional, pois, para colocar um satélite em órbita, é necessário acessar conhecimentos de cientistas como Newton (Figura 8), que, em 1666, formulou e verificou a lei da gravitação universal. Esta afirma que cada partícula de massa atrai outra partícula no universo com uma força que varia diretamente conforme o produto das duas massas e inversamente ao quadrado da distância entre elas.

Em outras palavras, sobre a força gravitacional, segundo Hewitt (2023), um corpo atrai outro de forma diretamente proporcional ao produto entre suas massas, sendo inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. Quando falamos sobre força e sobre Isaac Newton, vale sempre a pena retomar suas leis exatamente da forma que foram enunciadas por ele, originalmente em latim, no celebrado livro 'Principia - Philosophiae Naturalis Principia Mathematica' (Principia – Princípios Matemáticos de Filosofia Natural), onde elas são enunciadas (Newton, 2016).

Figura 8 - Isaac Newton e a Gravitação Universal.



Fonte: Famous Scientists (2015).

**1ª Lei:**

*“Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare”*

Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele (Newton, 2016).

**2ª Lei:**

*“Mutationem motis proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur”.*

A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida (Newton, 2016)

**3ª Lei:**

*“Actione contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.”*

A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (Newton, 2016).

Após a enunciação das três leis, é possível adentrar nas explicações sobre a força gravitacional, que, por ser uma força atrativa, utiliza-se o sinal negativo. Isaac Newton (2016) postulou a lei da gravitação universal como uma força atrativa entre pares pontuais de partículas, sendo proporcional ao produto entre as massas das respectivas partículas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias entre elas. Também lembramos de Kepler, responsável pela revelação das leis das órbitas.

Henry Cavendish, em 1798, foi o responsável por determinar o valor da constante G (Hewitt, 2023) através do experimento com balanças de torção. Curiosamente, a constante gravitacional foi uma das primeiras constantes físicas medidas na história, e mesmo assim, devido à sua dificuldade de medição, possui uma precisão de apenas 1 parte em 10.000, o que a torna uma das constantes medidas com menor exatidão. Isso ocorre porque todas as medidas de G são extremamente difíceis, uma vez que a força gravitacional tem uma ação extremamente fraca. A equação em sua forma moderna foi apresentada por Laplace.

$$F = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad (5)$$

onde:

$F$  = Força Gravitacional, medida em newton (N);

$G$  = Constante Gravitacional, tabelada em  $6,673.10^{-11}(N.m^2/kg^2)$ ;

$M$  = Massa do corpo 1, medido em quilograma (kg);

$m$  = Massa do corpo 2, medido em quilograma (kg);

$r$  = Distância entre as massas, medido em metro (m).

Neste momento, a fim de descobrir a Força Gravitacional, os oficiais cientistas devem trabalhar unindo forças, de modo a encontrar o valor da massa da Terra  $M$ , adotar a massa do satélite  $m$  como o número de chamada individual e o valor da distância entre a Terra e a Lua ( $r$ ) utilizando sites de pesquisa.

### **Missão 3:**

Para lançar um projétil verticalmente, devemos levar em consideração alguns efeitos que precisam ser medidos de modo a atingir sucesso pleno. Existem várias forças atuando sobre um foguete em um voo real. A força de resistência do ar é denominada arrasto e é representada pela letra  $W$ . Os oficiais precisaram apoiar-se na expressão de Prandtl para identificar e quantificar as temíveis forças de retardo, focando na resistência do ar.

O coeficiente de arrasto deve ser utilizado com valor igual a 0,47. A velocidade do projétil deve ser considerada como sendo 30 m/s. A área da seção transversal deve ser considerada o seu número de chamada, dividido por 100. Exemplo: número 4, utilizará o valor da área da seção transversal igual a 0,04 m<sup>2</sup>. O valor da densidade do ar deve ser pesquisado via Google.

Considerado o pai da aerodinâmica, Ludwig Prandtl (Figura 9), em 1904, introduziu a noção de camada limite no escoamento de um fluido em torno de um obstáculo. Seu trabalho culminou em um método de determinação dos escoamentos supersônicos planos, estacionários e não turbulentos, e estabeleceu o modelo teórico para asa de envergadura infinita, cujo desenvolvimento foi aplicado às grandes velocidades subsônicas.

Figura 9 - Ludwig Prandtl.



Fonte: Wikipédia (2022).

Apesar de não ter sido laureado com o Prêmio Nobel, Ludwig Prandtl é um cientista muito reconhecido. Tanto que, quatro anos após a sua morte, foi instituído um prêmio para homenageá-lo e suas tremendas contribuições em aerodinâmica. A intenção do prêmio é promover trabalhos de futuros especialistas em mecânica dos fluidos e aerodinâmica. O vencedor do prêmio recebe um anel de ouro com o nome de Ludwig Prandtl. Nesse anel, é encravada uma pedra contendo a figura de uma águia, para simbolizar a liberdade do pensamento.

O prêmio é entregue no dia 4 de fevereiro, dia de nascimento de Prandtl, pela Sociedade Científica para Aviação. Dentre suas contribuições em dinâmica dos fluidos, destacam-se a teoria da camada limite, o desenvolvimento da sustentação de asas e a teoria do arrasto. No trabalho, foi utilizada a expressão de Prandtl para o arrasto, dada na forma:

$$W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v_p^2 \quad . \quad (6)$$

Para explicar cada grandeza física e suas respectivas unidades de medida que fazem parte equação 6, tem-se a sequência:

$W$  é o arrasto (força resistiva do ar) medida em newton (N);

$c_w$  é o coeficiente de arrasto, adimensional;

$\rho$  é a densidade do ar medida em quilograma por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>);

$A$  é a área da seção transversal do projétil medida em metro ao quadrado (m<sup>2</sup>);

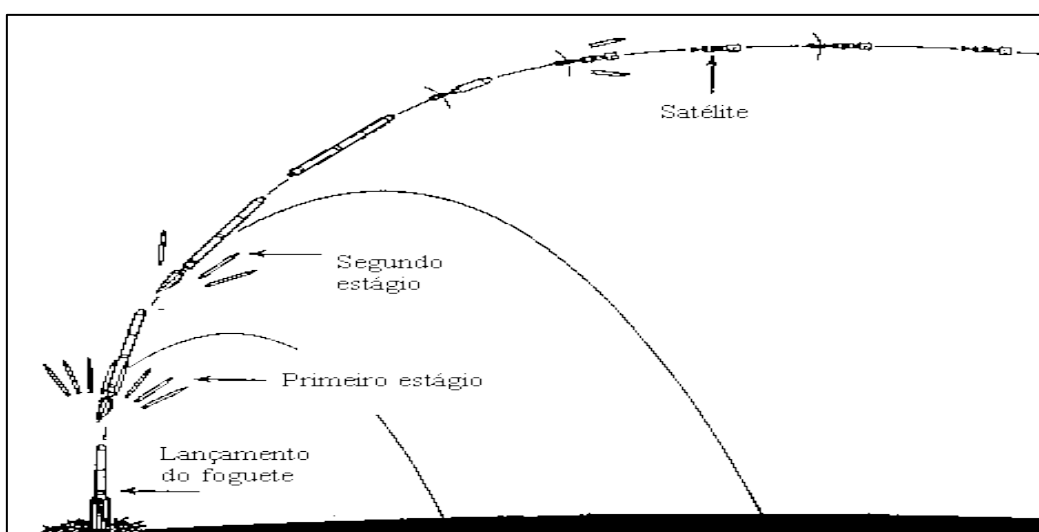
$v_p$  é a velocidade do projétil, medida em metro por segundo (m/s).

Identificando e compreendendo as nuances que envolvem o lançamento de um foguete, os oficiais cientistas devem se preparar para as simulações de lançamento que acontecerão na sequência e revisar o preenchimento correto do cartão de operações. É fundamental que todos os pontos vistos até aqui estejam compreendidos e devidamente documentados no cartão de operações. Os satélites são colocados em órbita através do transporte via foguete. Ou seja, para levar um satélite ao espaço, precisamos de um meio de propulsão.

Após o satélite entrar em órbita, acima da atmosfera terrestre (Hewitt, 2023), eles não estão mais sujeitos ao arrasto do ar. O satélite da Terra é um projétil em estado de constante queda livre. Por causa de sua velocidade tangencial, ele cai ao redor da Terra, ao invés de cair verticalmente para o centro dela. É interessante ressaltar que, quando Newton (2016) calculou a velocidade necessária para uma órbita circular, percebeu que tal velocidade era impraticável naquela época e, conseqüentemente, não foi capaz de prever satélites feitos pelo homem, provavelmente por não imaginar a possibilidade de construção de foguetes de vários estágios.

Finalmente, a explicação para colocar um satélite em órbita terrestre (Hewitt, 2023) requer domínio sobre a velocidade e direção do foguete que o carrega. Inicialmente, um foguete é acionado na direção ortogonal à superfície e, depois, é inclinado, ganhando velocidade até atingir uma velocidade específica na horizontal acima da atmosfera, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Esquema de Lançamento de Satélite.



Fonte: Sala de Física (2023).

### Missão 4:

Simulação de lançamento de foguetes utilizando o PhET (2023).

A missão está chegando ao fim. Os oficiais cientistas agora devem acessar o link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion). Por meio desse simulador, os oficiais devem utilizar alguns parâmetros específicos e seguir a sequência descrita nas imagens abaixo. A primeira tela que aparece deve ser a da Figura 11.

Figura 11: Impressão da tela inicial da simulação PhET.



Fonte: O Autor.

Após clicar na imagem do canhão disparador do foguete, deve ser selecionado o ícone do canhão escrito Lab na parte inferior, assim como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Impressão da tela da simulação PhET do movimento de projétil.



Fonte: O Autor.

Finalmente, o oficial entrou na simulação e agora deve ajustar os parâmetros da mesma forma que a figura abaixo mostra. Como orientação, siga os passos descritos na sequência e depois confira com a imagem abaixo para saber se está no caminho correto. As lupas devem ser usadas de modo a facilitar a visualização. Inicialmente, ajuste o ângulo do canhão disparador para  $75^\circ$ . A rapidez inicial deve ser ajustada para 30 m/s. O alvo vermelho e branco deve estar a uma distância padrão em relação ao canhão, de 20,0 m. Neste momento, o capacitado oficial deve ajustar o projétil a ser lançado para bala de canhão.

O ajuste da massa é individual (utilize seu número de chamada e, se for maior que 31, divida por 2 e use o número do resultado) e será o que diferenciará os resultados de todos os oficiais, determinando qual lançamento de foguete será o mais bem-sucedido (atingirá o alvo) e, assim sendo, um lançamento de melhor precisão e efetividade. Utilize a altitude da localidade que foi previamente preenchida no item 5 da ficha de operações.

Após selecionar a trena, posicione-a com o sistema de referência [+] sobre a referência [+] do canhão de modo coincidente, para permitir que as medidas  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  e  $d_4$  sejam feitas com precisão. Após cada lançamento, meça-se e anote-se o valor no cartão de operação. Os cientistas devem utilizar o coeficiente de arrasto  $c_w = 0,47$  quando for levado em consideração, conforme a Figura 13.

Para  **$d_1$**  deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

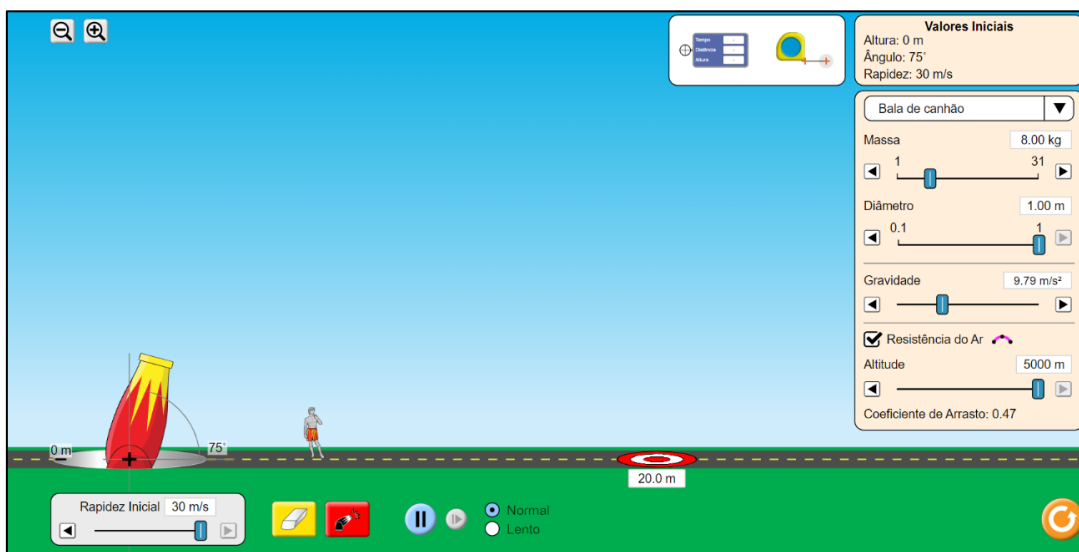
Para  **$d_2$**  deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0$ .

Para  **$d_3$**  deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

Para  **$d_4$**  deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0$ .



Figura 13 - Impressão da tela da simulação PhET para a determinação de parâmetros para a bala de canhão.



Fonte: O Autor.

Finalizando a missão: Os oficiais cientistas devem agora compartilhar e comparar seus resultados encontrados nas distâncias  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  e  $d_4$ . Quem foi o Oficial Cientista que obteve o resultado mais próximo do alvo? Qual foi o valor mais próximo ao alvo que você conseguiu e foi com parâmetros de  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  ou  $d_4$ ? Seria possível atingir o alvo modificando apenas o valor da massa? Teste e registre seu resultado mais próximo e a massa utilizada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais contribuições do trabalho, estão diretamente relacionadas as aplicações práticas e uso de tecnologias em nosso dia a dia, por meio do desenvolvimento das atividades descritas neste trabalho, o aluno sente-se conectado aos conceitos estudados, pois é familiarizado ao uso do GPS, celular, computadores e internet em geral, o que torna o desenvolvimento das aulas mais natural e menos cansativo. Partindo de conhecimentos comuns aos alunos, a possibilidade de aprofundamento e desenvolvimento do conhecimento de forma assertiva é evidente, pois ocorre um maior engajamento dos estudantes.

A evolução do conteúdo, de forma lúdica e aplicada, proporciona um ganho de aprendizagem aos estudantes, de modo a permitir ao docente, um caminho seguro e bem pavimentado para o sucesso do binômio ensino-aprendizagem. O interesse do aluno deve ser sempre encorajado e de forma especial no desenvolvimento de conteúdos de física que exigem um determinado nível de abstração dos alunos, como a equação de onda, força gravitacional e arrasto. Onda, gravitação e arrasto, são temas que podem ser explorados através de experimentos virtuais.

A apresentação do assunto GPS, envolvendo lançamento de satélites a partir de lançamentos de foguetes, é uma estratégia de ensino que favorece o aprendizado, pois são temas modernos, populares e atraentes. Este trabalho pode ser encarado como o início de um projeto maior, pois as possibilidades são vastas para expandir a história e utilizar conteúdos que não foram explorados, como por exemplo cinemática, força centrípeta, força peso, energia cinética, energia potencial, eletromagnetismo, termodinâmica dentre outros.

É esperado que este trabalho seja reproduzido por outros professores e devido ao formato bem elaborado e auto explicativo, o docente se torna parte da história e um colaborador no processo que é prioritariamente desenvolvido pelos estudantes.

A abordagem da teoria das múltiplas inteligências durante a aplicação do produto, se mostrou eficiente e natural, pois permitiu que os alunos trabalhassem com liberdade e autonomia, de modo que exploraram os pontos fortes uns dos outros e se apoiaram nos momentos de dificuldade.

## REFERÊNCIAS

AMIRUDDIN, M. Z. B.; NISA, W. Z.; RAHMAN, S. M. I. B.; SAINI, N. A. M. B. Future Prospect of Gamification-Based Mobile in Physics Learning. **Jurnal Penelitian Pendidikan Sains**, Vol. 12, N° 1, 40-55, 26 Nov. 2022.  
<https://www.doi.org/10.26740/jpps.v12n1.p40-55>.

CASSIE, J. **Level Up Your Classroom: The Quest to Gamify Your Lessons and Engage Your Students**. ASCD, 2016, 180 p.

FAMOUS SCIENTISTS **Isaac Newton**. [famousscienists.org](http://famousscienists.org). 20 Feb. 2015. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://www.famousscienists.org/images1/isaac-newton.png>. Acesso em 24/05/2023.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 13ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2023.

JB\_MAGNETIC. **Ondas eletromagnéticas**. 03 de abr. de 2013. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://5932bb2d7a.cbaul-cdnwnd.com/88a487a244c7f0e6d502059bc862994e/200000007-92d5193cf6/Capturar.JPG>. Acesso em 22/05/2023.

KATANOSAKA, T.; KHAN, M. F. F.; SAKAMURA, K. A Physics Learning System Using Gamification for High-School Students. **11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)**, Fujisawa, Japan, p. 167-171, 2023. doi:10.1109/ICIET56899.2023.10111133.

LEE, J. J.; HAMMER, J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? **Academic Exchange Quarterly**, 15(2), 2011.  
[https://www.researchgate.net/publication/258697764\\_Gamification\\_in\\_Education\\_What\\_How\\_Why\\_Bother](https://www.researchgate.net/publication/258697764_Gamification_in_Education_What_How_Why_Bother).

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Livro 1/2. Ed.,3. Reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

PhET. **Physics Education Technology**. (2023) Disponível em <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

SIA - SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION. **GPS & Navigation**. 2021. 1 ilustração, color. Disponível em: <https://sia.org/wp-content/uploads/2019/11/gps-navigation2.jpg>. Acesso em: 02/05/2023.

SALA DE FÍSICA. **Lançamento De Satélites**. [2023]. 1 ilustração, preto e branco. Disponível em: <https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/lancamento11.gif>. Acesso em 10/06/2023.

SCUSSEL, A. **Novo satélite GPS envia primeiros sinais do espaço**. 18 de jul. de 2011. 1 ilustração, color Disponível em: <https://mundogeo.com/wp-content/uploads/2011/07/gps2rart.jpg>. Acesso em 17/07/2022.

SHELDON, L. **The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game**. Boston, MA: Cengage Learning, 2012. 284 p.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. 2, Vol.3. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006.

VINHOLES, T. **Centro de Alcântara é aberto para lançamentos espaciais de empresas estrangeiras**. 3 de junho de 2020. 1 fotografia, color. Disponível em: [https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara\\_AEB-960x640.jpg](https://www.airway.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Alcantara_AEB-960x640.jpg). Acesso em 18/05/2023.

WIKIPÉDIA. **Ludwig Prandtl**. 4 de fev. de 2022. 1 fotografia, preto e branco. Disponível em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl\\_portrait.jpg/200px-Prandtl\\_portrait.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Prandtl_portrait.jpg/200px-Prandtl_portrait.jpg). Acesso em 30/05/2023.

ZOURMPAKIS, A.-L.; KALOGIANNAKIS, M.; PAPADAKIS, S. A Review of the Literature for Designing and Developing a Framework for Adaptive Gamification in Physics Education. Chapter 5. TAŞAR, M. F.; HERON, P. R. L. **The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics**, 1-26, 2022. doi: 10.1063/9780735425712\_005. Acesso em 27/08/2023

**APENDICE III**

Planos de Aula da Sequência Didática

PLANO DE AULA 1	
<b>Disciplina</b>	Física
<b>Professor(a)</b>	Luís Henrique Mendes de Souza
<b>Ano/Semestre</b>	2022/02
<b>Carga Horária</b>	50min
<b>Assunto:</b>	
Ondulatória por meio da utilização do GPS – Sistema de Posicionamento Global	
<b>Competências e Habilidades:</b>	
<p>De acordo com a BNCC. Diferenciar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> <p><b>(EM13CNT301)</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	
<b>Objetivo(s):</b>	
<p>O estudante após a aula experimental, deve ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a importância da tecnologia no cotidiano.</li> <li>- Trabalhar em equipe.</li> <li>- Utilizar a internet e o GPS como fonte de estudo e coleta de dados.</li> <li>- Identificar e preencher corretamente a tabela de dados. (Cartão de Operações)</li> <li>- Resolver situações problema.</li> <li>- Compreender de forma geral o funcionamento e origens do GPS, assim como suas principais aplicações.</li> </ul>	

<b>Momentos da Aula</b>
<b>1 – Introdução</b>
<p>Inicialmente o professor explica que esta é a aula especial que será o início de uma sequência de aulas e na última aula será realizado um “experimento virtual”, a introdução do conteúdo se dará através da reprodução via YouTube de uma animação curta onde Einstein explica o funcionamento e a história do GPS.</p>
<b>2 - Desenvolvimento:</b>
<p>Será desenvolvido o conteúdo de ondulatória, de forma mais qualitativa, com coleta de dados experimentais coletivos e individuais serão utilizados na sequência, assim como no raciocínio dos estudantes. Todas as atividades levam em conta o caráter humanista e inclusivo, considerando que alunos no ensino público regular, possuem acesso à internet em grande parte, apenas por smartphones, e não possuem internet de qualidade. Assim sendo, todas as atividades foram desenvolvidas de modo a incluir o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Segundo Howard Gardner, utilizar-se das teorias das múltiplas inteligências, proporciona ao professor, atingir um número maior de alunos, de modo a engajá-los positivamente para o conteúdo a ser apresentado. Para Pietrocola (2005), a Física é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, a Física é uma ciência presente no mundo cotidiano, pois a natureza faz parte de nossa realidade. A Física voltada para o dia a dia do aluno contribui de forma significativa para um melhor entendimento do mundo a sua volta e tenha uma atuação mais crítica deste.</p>
<b>3 - Síntese Integradora:</b>
<p>Através de uma situação problema fictícia, o professor atuando como um narrador, compartilha um texto base e faz a leitura com entonação de aventura, inserindo os alunos na situação e envolvendo o conteúdo de Ondas. Os alunos são orientados a preencher uma ficha de operação, de modo a constantemente estarem conversando, trocando ideias e coletando dados e refletindo sobre o conteúdo.</p>
<b>Avaliação:</b>
<p>Através do preenchimento dos 5 primeiros itens do cartão de operação, o professor identifica e ratifica o preenchimento, de modo que a avaliação é contínua e de acordo com a participação e engajamento do aluno.</p>

**Recursos didáticos:**

Internet, Laboratório de Informática, Educatron, computadores.

**Bibliografia:**

[https://www.defesanet.com.br/br\\_usa/noticia/33816/Acordo-com-os-EUA-sobre-a-base-de-Alcantara/](https://www.defesanet.com.br/br_usa/noticia/33816/Acordo-com-os-EUA-sobre-a-base-de-Alcantara/) - Acesso em 20/05/2021.

[https://www.google.com/search?q=satelite+de+gps&tbm=isch&ved=2ahUKEwjSzfrRwerwAhXGI5UCHSIJAgIQ2-cCegQIABAA&oq=Satelite+de+&gs\\_lcp=CgNpbWcQARgFMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADoFCAAQsQM6CAgAELED EIMBOgQIABBDogQIABATUJfKJVjYICZg97omaANwAHgEgAH4AYgBiRySA QYwLjE4LjKYAQCgAQGqAQtd3Mtd2I6LWltZ7ABAMABAQ&sclient=img&ei=xOevYNLbIMav1sQPqZKJEA&bih=754&biw=1536&rlz=1C1CHZN\\_pt-BRBR945BR945#imgrc=CAYSZw8Q2kVOPM](https://www.google.com/search?q=satelite+de+gps&tbm=isch&ved=2ahUKEwjSzfrRwerwAhXGI5UCHSIJAgIQ2-cCegQIABAA&oq=Satelite+de+&gs_lcp=CgNpbWcQARgFMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADoFCAAQsQM6CAgAELED EIMBOgQIABBDogQIABATUJfKJVjYICZg97omaANwAHgEgAH4AYgBiRySA QYwLjE4LjKYAQCgAQGqAQtd3Mtd2I6LWltZ7ABAMABAQ&sclient=img&ei=xOevYNLbIMav1sQPqZKJEA&bih=754&biw=1536&rlz=1C1CHZN_pt-BRBR945BR945#imgrc=CAYSZw8Q2kVOPM) acesso em 20/05/2021.

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – Ondas.** Vol. 2, 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

A EXPERIMENTAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE ENSINO DA FÍSICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA: 4 v. 2, n.3, p. 1-12, 2020 ISSN: 2675-343X [www.amazonlivejournal.com](http://www.amazonlivejournal.com).

**Observação:**

**Missão 1** - Briefing: Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S)

A situação do sistema de navegação, Global Positioning System (GPS) utilizado pelo Brasil está sofrendo um ataque cibernético e a ABIN (Agência Brasileira de Inteligência) em conjunto com a AEB (Agência Espacial Brasileira) estão requisitando em caráter extra oficial e sigiloso, as mentes mais brilhantes e destemidas do país, ou seja, a turma **do 3º A do Colégio Estadual Conselheiro Carrão, localizado em Curitiba-PR, no bairro Uberaba**. A turma do 3ºA agora é um G.I.S (Grupo de Inteligência Secreto), cada estudante agora é um Oficial Cientista e deverá seguir as instruções na sequência determinada e trabalhar em equipe com a função de atingir os objetivos da missão, utilizando seus conhecimentos em Física Moderna, de modo a retardar o ataque cibernético e conseguir através do lançamento de um foguete (satélite auxiliar) resolver a situação crítica afim de corrigir eventuais falhas e proteger em definitivo o sistema, através do lançamento de um satélite backup.



Cada Oficial Cientista estará recebendo por escrito as instruções diárias, tendo em vista que a missão completa levará 4 aulas. Cada etapa é importante e será decisiva no momento de promoção dos oficiais (Avaliação Individual, Diária e Contínua).

Deste momento em diante, será efetuada a conferência de contingente (chamada) e cada estudante deve durante a chamada adotar um codinome para tempos de guerra e preencher no local indicado. Devem também preencher o campo Localidade (cidade onde você nasceu) não podendo utilizar a Cidade de Curitiba-PR e nem a cidade de Pitanga-PR. No caso de ter nascido em uma dessas localizações, o estudante deve escolher uma outra cidade, a seu critério (desde que dentro do Brasil), sem qualquer prejuízo a missão.

A base responsável por concentrar as operações encontra-se em Pitanga-PR, devido a sua posição geográfica estratégica para a segurança das informações. Basta observar o mapa do estado do Paraná, para notar a posição central do município. Os oficiais devem utilizar de seus GPS (enquanto ainda funcionam) e da internet para coletar os dados necessários. Você já ouviu falar sobre **GPS**? O condecorado Comandante Cientista Albert nos conta uma história incrível e fornecerá informações valiosas sobre a missão. <https://www.youtube.com/watch?v=OsYU0xPXsgA>.

A base de lançamentos de Alcântara - MA ainda não está operando para estes tipos de lançamento, devido a políticas internacionais.



Devido a essa situação crítica, cada oficial vai avaliar uma nova localização para servir de base de lançamentos para o Brasil.

Apenas este G.I.S pode resolver a situação crítica e evitar o colapso total do sistema de posicionamento global.

Para os oficiais impedirem o ataque cibernético, devem efetuar uma simulação de lançamento de um satélite por localidade. A localidade de cada cientista é uma base secreta de lançamentos de emergência. O cartão de operação e lançamento do satélite deve ser preenchido com precisão e clareza, sendo possível seu entendimento e utilização por qualquer oficial em qualquer momento. Este cartão de operação deverá conter informações preciosas que serão coletadas e devidamente avaliadas e validadas pelo G.I.S.



Utilizem todos os recursos para coletar as informações em fundo cinza de forma coletiva e o restante das informações de forma individual, porém, o grupo de inteligência deve estar em constante comunicação e a troca de informações não é proibida e sim incentivada de modo que todos atinjam seus objetivos individuais e coletivos. Ajudem-se mutuamente pois assim a possibilidade de sucesso da missão aumenta consideravelmente. Segue a imagem do Satélite de renovação e atualização do GPS, que supostamente será

lançado pelos Oficiais do G.I.S, o SVN-63.

Os oficiais devem se organizar de modo a encontrar as informações da forma mais eficiente possível. Conforme forem coletando os dados, os oficiais de elite devem compartilhar a informações de uso comum. Utilizem celulares e computadores a vontade. Preencham os 5 primeiros itens do Cartão Secreto.

**Lembrete:** O preenchimento do cartão de operações deve ser feito da seguinte maneira. Os itens em cinza devem ser feitos em conjunto e os demais itens devem ser feitos de forma individual, pois utilizam valores personalizados. Os oficiais podem se ajudar mutuamente inclusive para responder as partes individuais.

PLANO DE AULA 2	
<b>Disciplina</b>	Física
<b>Professor(a)</b>	Luís Henrique Mendes de Souza
<b>Ano/Semestre</b>	2022/02
<b>Carga Horária</b>	50min
<b>Assunto:</b>	
Ondas Eletromagnéticas e Força Gravitacional – Satélites GPS	
<b>Competências e Habilidades:</b>	
<p>De acordo com a BNCC. Diferenciar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> <p><b>(EM13CNT307)</b> Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.</p> <p><b>(EM13CNT301)</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	
<b>Objetivo(s):</b>	
<p>O estudante após a aula experimental, deve ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a importância da tecnologia no cotidiano.</li> <li>- Trabalhar em equipe.</li> <li>- Utilizar a internet e o GPS como fonte de estudo e coleta de dados.</li> <li>- Resolver e compreender a equação de onda, assim como suas grandezas físicas e suas respectivas unidades de medida.</li> <li>- Aplicar os dados experimentais na equação de onda.</li> <li>- Resolver e compreender a equação da força gravitacional, assim como suas grandezas físicas e suas respectivas unidades de medida.</li> <li>- Aplicar os dados experimentais na equação da força gravitacional.</li> </ul>	

- Resolver situações problema.
- Compreender de forma geral o funcionamento e origens do GPS, assim como suas principais aplicações.

### **Momentos da Aula**

#### **1 – Introdução**

Inicialmente o professor lê o roteiro da missão 2 dando liberdade para os alunos o interromperem assim que acharem conveniente. É uma leitura curta e bem direcionada de modo que os alunos compreendem que se trata da continuação da missão 1 e após sua conclusão haverá uma continuação na missão 3.

#### **2 - Desenvolvimento:**

Será desenvolvido o conteúdo de ondulatória e força gravitacional, com enfoque na equação de onda e na equação da força gravitacional. Os dados experimentais coletivos e individuais serão utilizados na equação de onda e da força gravitacional, assim como no raciocínio dos estudantes. Todas as atividades levam em conta o caráter humanista e inclusivo. Assim sendo, todas as atividades foram desenvolvidas de modo a incluir o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Para Pietrocola (2005), a Física é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, a Física é uma ciência presente no mundo cotidiano, pois a natureza faz parte de nossa realidade. A Física voltada para o dia a dia do aluno contribui de forma significativa para um melhor entendimento do mundo a sua volta e tenha uma atuação mais crítica deste.

#### **3 - Síntese Integradora:**

Através de uma situação problema fictícia, o professor atuando como um narrador, compartilha um texto base e faz a leitura com entonação de aventura, inserindo os alunos na situação e envolvendo o conteúdo de Ondas e Gravitação. Mais especificamente a equação de onda e a equação da força gravitacional. Os alunos são orientados a dar sequência no preenchimento do cartão de operações secreto, de modo a constantemente estarem conversando, trocando ideias e coletando dados e refletindo sobre o conteúdo. As medidas são coletadas via pesquisa e também calculadas através da equação de onda e por fim da fórmula da força gravitacional.

#### **Avaliação:**

Através da observação contínua da participação e engajamento dos alunos, neste caso, observando também a correta aplicação das equações de onda e da gravitação universal.

**Recursos didáticos:**

Internet, laboratório de informática e computadores.

**Bibliografia:**

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>.  
 HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – Ondas**. Vol. 2, 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.  
 A EXPERIMENTAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE ENSINO DA FÍSICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA: 4 v. 2, n.3, p. 1-12, 2020 ISSN: 2675-343X  
[www.amazonlivejournal.com](http://www.amazonlivejournal.com).

**Observação:****Missão 2**

Um oficial cientista precisa de embasamento teórico para saber onde deve colocar o satélite. Tendo em vista que os oficiais cientistas ao final da missão, vão lançar um satélite através do simulador Phet.

Tem-se que  $v_e = \text{velocidade da onda, medida em m/s}$  (adotem a velocidade da luz  $c$ ),  $\lambda = \text{comprimento de onda, medido em m}$  e sabemos que  $f = \text{frequência, medida em Hz (Hertz)}$ . É importante que sejam observadas atentamente as unidades de medida adequadas assim como suas proporções equivalentes. Sabe-se que  $1 \text{ Mega} = 1.000.000 \text{ ou } 10^6$  ou seja,  $1 \text{ MHz} = 1.000.000 \text{ Hz ou } 10^6 \text{ Hz}$ . Assim  $v=c$

*velocidade da onda eletromagnética = velocidade da luz no vácuo*

Para encontrar os respectivos comprimentos de onda, deve-se utilizar:

$$\lambda_1 = \frac{v_e}{f_1}, \quad \lambda_2 = \frac{v_e}{f_2}.$$

Ficou evidente que as ondas viajam grandes distâncias em grandes velocidades, na sequência, os oficiais cientistas devem identificar grandezas referentes a Força Gravitacional, pois para colocar um satélite em órbita, é necessário acessar conhecimentos de cientistas como Newton que em 1666 formulou e verificou a lei da gravitação universal, afirmando que *cada partícula de massa atrai outra partícula no universo com uma força que varia diretamente conforme o produto das duas massas e inversamente como o quadrado da distância entre elas*. Como a força gravitacional é uma força atrativa, utiliza-se o sinal negativo. Também lembramos de Képler, responsável pela revelação das leis das órbitas. Kavendish que foi o responsável por determinar o valor da constante G, através do experimento com balanças de torção. A equação em sua forma moderna foi apresentada por Laplace

$$F = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2},$$

$F$  = Força gravitacional, medida em Newton (N);

$G$  = Constante Gravitacional, tabelada em  $6,673 \cdot 10^{-11} (N \cdot m^2 / kg^2)$ ;

$M$  = Massa do corpo 1, medido em quilograma (kg);

$m$  = Massa do corpo 2, medido em quilograma (kg);

$r$  = Distância entre as massas, medido em metro (m).

Neste momento, a fim de descobrir a Força Gravitacional, os oficiais cientistas devem trabalhar unindo forças, de modo a encontrar o valor da massa da Terra  $M$ , adotar a massa do satélite  $m$  como o número de chamada individual e o valor da distância entre a Terra e a Lua ( $r$ ) utilizando sites de pesquisa.

PLANO DE AULA 3	
<b>Disciplina</b>	Física
<b>Professor(a)</b>	Luís Henrique Mendes de Souza
<b>Ano/Semestre</b>	2022/02
<b>Carga Horária</b>	50min
<b>Assunto:</b>	
Arrasto – Lançamento de foguete – Satélite GPS.	
<b>Competências e Habilidades:</b>	
<p>De acordo com a BNCC. Diferenciar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> <p><b>(EM13CNT307)</b> Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.</p> <p><b>(EM13CNT301)</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	
<b>Objetivo(s):</b>	
<p>O estudante após a aula experimental, ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a importância da tecnologia no cotidiano.</li> <li>- Trabalhar em equipe.</li> <li>- Resolver e compreender a equação da Força de Arrasto, assim como suas grandezas físicas e suas respectivas unidades de medida.</li> <li>- Aplicar os dados experimentais na equação da Força de Arrasto.</li> <li>- Resolver situações problema.</li> <li>- Compreender de forma geral o funcionamento e origens do GPS, assim como suas principais aplicações.</li> </ul>	

<b>Momentos da Aula</b>
<b>1 – Introdução</b>
Inicialmente o professor faz a leitura do roteiro da Missão 3, de modo que o aluno já reconhece que se trata da continuação da Missão 2.
<b>2 - Desenvolvimento:</b>
<p>Será desenvolvido o conteúdo de Força de Arrasto, com enfoque na equação do arrasto. Os dados experimentais coletivos e individuais serão utilizados na equação de onda, assim como no raciocínio dos estudantes. Todas as atividades levam em conta o caráter humanista e inclusivo, considerando que alunos no ensino público regular, em uma parcela significativa não possuem internet de qualidade. Assim sendo, todas as atividades foram desenvolvidas de modo a incluir o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Para Pietrocola (2005), a Física é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, a Física é uma ciência presente no mundo cotidiano, pois a natureza faz parte de nossa realidade. A Física voltada para o dia a dia do aluno contribui de forma significativa para um melhor entendimento do mundo a sua volta e tenha uma atuação mais crítica deste.</p>
<b>3 - Síntese Integradora:</b>
<p>Através da continuação de uma situação problema fictícia, o professor atuando como um narrador, compartilha um texto base e faz a leitura com entonação de aventura, inserindo os alunos na situação e envolvendo o conteúdo de Força de Arrasto. Mais especificamente a equação de onda. Os alunos são orientados a dar sequência no preenchimento do Cartão de Operações Secreto, de modo a constantemente estarem conversando, trocando ideias e coletando dados e refletindo sobre o conteúdo. As últimas medidas são calculadas através da equação de onda.</p>
<b>Avaliação:</b>
<p>Através da questão final, que é aberta e exige reflexão sobre os dados coletados e verdadeiramente integra toda a aula. A equipe elabora em conjunto a resposta mais adequada e de forma oral ou através do chat, compartilham com o professor, dando fim a missão.</p>
<b>Recursos didáticos:</b>
Acesso à Internet e Laboratório de Informática.



**Bibliografia:**

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – Ondas**. Vol. 2, 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

A EXPERIMENTAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE ENSINO DA FÍSICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA: 4 v. 2, n.3, p. 1-12, 2020 ISSN: 2675-343X [www.amazonlivejournal.com](http://www.amazonlivejournal.com).

**Observação:****Missão 3**

Para lançar um projétil verticalmente, devemos levar em consideração alguns efeitos que precisam ser medidos de modo a atingir sucesso pleno. Existem várias forças atuando sobre um foguete em um voo real. A Força de resistência do ar é denominada Arrasto e é representada pela letra  $W$ . Os oficiais precisaram apoiar-se na expressão de Prandtl para identificar e quantificar as temíveis Forças de Retardo, focando na resistência do Ar. O Coeficiente de arrasto deve ser utilizado com valor igual a 0,47. A velocidade do projétil deve ser considerada como sendo 30m/s. A área da secção transversal deve ser considerada o seu número de chamada, dividido por 100. Exemplo: Número 4, utilizará o valor da área da secção transversal igual a 0,04m<sup>2</sup>. O valor da densidade do ar deve ser pesquisado via google. Por fim o Oficial Cientista deve efetuar o cálculo da força de arrasto, através da expressão de Prandtl descrita abaixo.

$$W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v_p^2.$$

$W$  é o arrasto (força resistiva do ar) medida em Newton (N);

$c_w$  é o coeficiente de arrasto, adimensional;

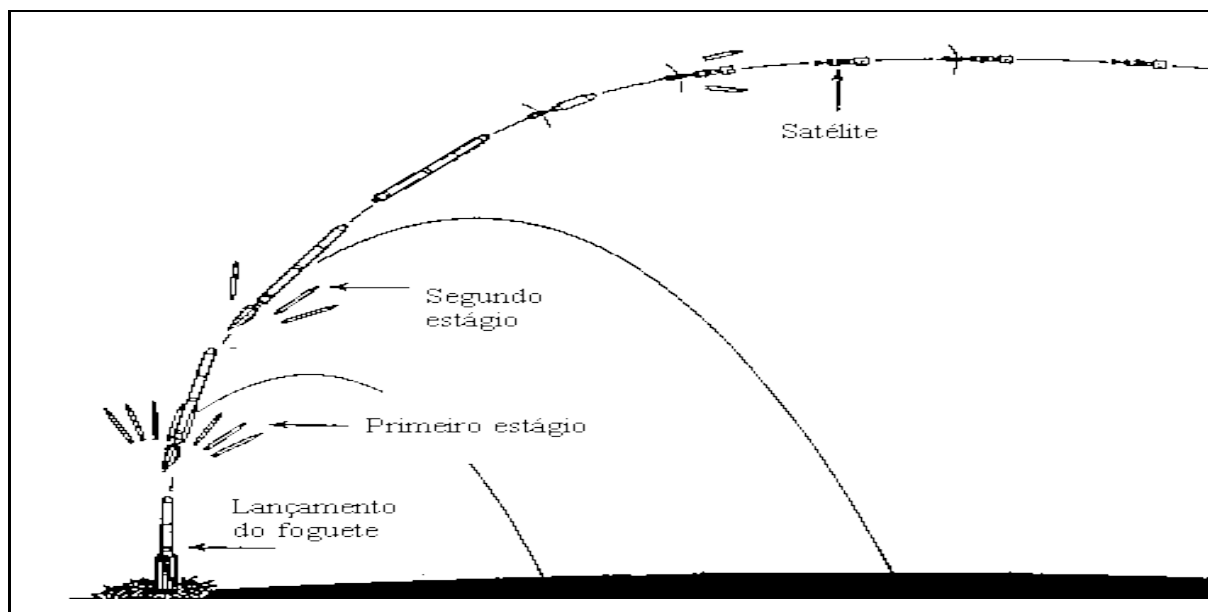
$\rho$  é a densidade do ar medida em quilograma por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>);

$A$  é a área da secção transversal do projétil medida em metro ao quadrado (m<sup>2</sup>);

$v_p$  é a velocidade do projétil, medida em metro por segundo (m/s).

Identificando e compreendendo as nuances que envolvem o lançamento de um foguete, os oficiais cientistas devem se preparar para as simulações de lançamento que acontecerão na sequência e revisar o preenchimento correto do cartão de operações. É fundamental que todos os pontos vistos até aqui estejam compreendidos e devidamente documentados do cartão de operações. Os satélites são colocados em órbita através do transporte via foguete. Ou seja, para levar um satélite, precisamos de um meio de propulsão.

Figura 10 – Esquema de lançamento de Satélite.



Fonte: Sala de Física (2023).

PLANO DE AULA 4	
<b>Disciplina</b>	Física
<b>Professor(a)</b>	Luís Henrique Mendes de Souza
<b>Ano/Semestre</b>	2022/02
<b>Carga Horária</b>	50min
<b>Assunto:</b>	
Resistência do Ar no lançamento de foguetes com satélite – GPS.	
<b>Competências e Habilidades:</b>	
<p>De acordo com a BNCC. Diferenciar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> <p><b>(EM13CNT307)</b> Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.</p> <p><b>(EM13CNT301)</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	
<b>Objetivo(s):</b>	
<p>O estudante após a aula experimental, ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a importância da tecnologia no cotidiano.</li> <li>- Trabalhar em equipe.</li> <li>- Utilizar a internet e o GPS como fonte de estudo e coleta de dados.</li> <li>- Resolver e compreender a equação da força de arrasto, assim como suas grandezas físicas e suas respectivas unidades de medida.</li> <li>- Aplicar os dados experimentais na equação da força de arrasto.</li> <li>- Resolver situações problema.</li> <li>- Compreender de forma geral o funcionamento e origens do GPS, assim como suas principais aplicações.</li> </ul>	

- Entender os conceitos físicos básicos envolvidos no lançamento de foguetes.
- Aplicar conceitos aprendidos na teoria em simuladores de experimentos de física.

### **Momentos da Aula**

#### **1 – Introdução**

Inicialmente o professor explica que se trata da Missão 4 (final) que é a sequência da missão 3. Faz-se a leitura da missão e o reforço para os alunos acessarem o link do PHET Colorado.

#### **2 – Desenvolvimento**

Será desenvolvido o conteúdo de resistência do ar, com enfoque na equação da força de arrasto. Os dados experimentais coletivos e individuais serão utilizados na equação da força de arrasto, assim como no raciocínio dos estudantes. Todas as atividades levam em conta o caráter humanista e inclusivo. Assim sendo, todas as atividades foram desenvolvidas de modo a incluir o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Para Pietrocola (2005), a Física é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, a Física é uma ciência presente no mundo cotidiano, pois a natureza faz parte de nossa realidade. A Física voltada para o dia a dia do aluno contribui de forma significativa para um melhor entendimento do mundo a sua volta e tenha uma atuação mais crítica deste.

#### **3 - Síntese Integradora:**

Através de uma situação problema fictícia, o professor atuando como um narrador, compartilha um texto base e faz a leitura com entonação de aventura, inserindo os alunos na situação e envolvendo o conteúdo de Resistência do Ar. Mais especificamente a equação da força de arrasto. Os alunos são orientados a completar e finalizar o cartão de operação secreto, de modo a constantemente estarem conversando, trocando ideias e coletando dados e refletindo sobre o conteúdo. As últimas medidas são calculadas através da equação de onda.

#### **Avaliação:**

Ocorrerá de forma contínua, e através do correto preenchimento do cartão de operações secreto e pelas respostas das questões finais da missão 4.

#### **Recursos didáticos:**

Acesso a internet, laboratório de Informática e computadores.

## Bibliografia:

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>.

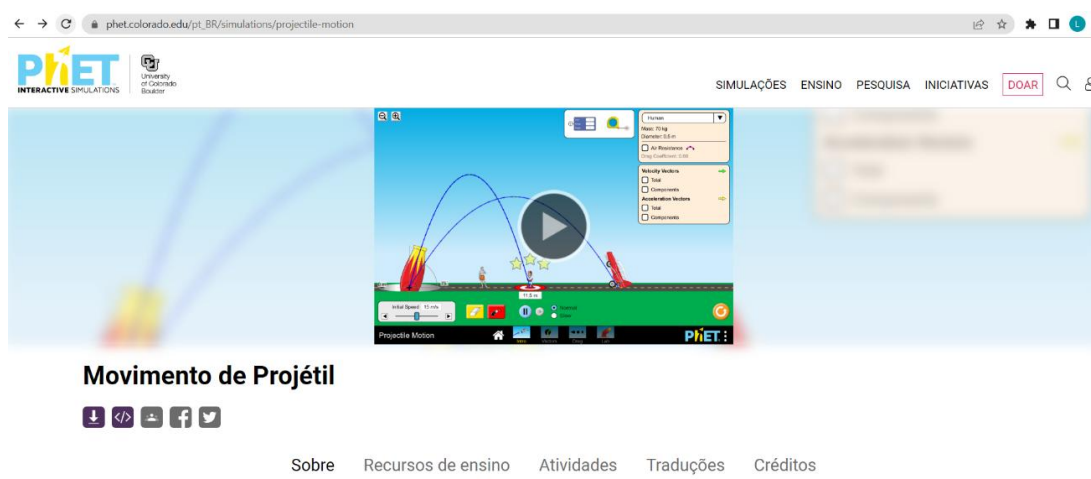
HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – Ondas**. Vol. 2, 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

A EXPERIMENTAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE ENSINO DA FÍSICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA: 4 v. 2, n.3, p. 1-12, 2020 ISSN: 2675-343X [www.amazonlivejournal.com](http://www.amazonlivejournal.com).

## Observação:

**Missão 4:** Simulação de lançamento de foguetes utilizando o PHET.

A missão está chegando ao fim. Os oficiais cientistas agora devem acessar o link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion). Por meio desse simulador, os oficiais devem utilizar alguns parâmetros específicos e seguir a sequência descrita abaixo. A primeira tela que aparece deve ser esta. Figura 11: Impressão da tela inicial da simulação PhET.



Fonte: O Autor.

Após clicar na imagem do canhão disparador do foguete, deve ser selecionado o ícone do canhão escrito Lab na parte inferior, assim como mostra a figura abaixo.

Figura 12 – Impressão da tela da simulação PhET do movimento de projétil.



Fonte: O Autor.

Finalmente o oficial entrou na simulação e agora deve ajustar os parâmetros da mesma forma que a figura abaixo mostra. Como orientação, siga os passos descritos na sequência e depois confira com a imagem abaixo para saber se está no caminho correto. As **lupas** devem ser usadas de modo a facilitar a visualização. Inicialmente, ajuste o **ângulo do canhão** disparador para **75°**. A **rapidez inicial** deve ser ajustada para **30m/s**. O **alvo** vermelho e branco deve estar a uma **distância padrão** em relação ao canhão, de **20,0m**. Neste momento, o capacitado oficial deve ajustar o projétil a ser lançado para **Bala de canhão**.

O ajuste da massa é individual (utilize seu **número de chamada**, e se for maior que 31, divida por 2 e use o número de resultado) e será o que diferenciará os resultados de todos os oficiais, determinando qual lançamento de foguete será o mais bem sucedido (atingirá o alvo) e assim sendo, um lançamento de melhor precisão e efetividade. Utilize a altitude da localidade que foi previamente preenchida no item 5 da ficha de operações.

Posicione a **trena** com o sistema de **referência +** sobre a **referência +** do canhão de modo coincidente, para permitir que as medidas **d1**, **d2**, **d3** e **d4** sejam feitas com precisão. Após cada lançamento, mede-se e anota-se o valor no cartão de operação. Os cientistas devem utilizar o coeficiente de arrasto  $c_w = 0,47$  quando for levado em consideração.

Para **d1** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

Para **d2** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 9,79m/s^2$  e  $c_w = 0$ .

Para **d3** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0,47$ .

Para **d4** deve-se utilizar o valor da gravidade como  $g = 5,00m/s^2$  e  $c_w = 0$ .

Figura 13 – Impressão da tela da simulação PhET para a determinação de parâmetros para a bala de canhão.

Fonte: O Autor.

Finalizando a missão: Os oficiais Cientistas, devem agora compartilhar e comparar seus resultados encontrados nas distâncias  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  e  $d_4$ . Quem foi a/o Oficial Cientista que obteve o resultado mais próximo do alvo? Qual foi o valor mais próximo ao alvo que você chegou e foi com parâmetros de  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  ou  $d_4$ ? Seria possível atingir o alvo modificando o valor apenas da massa? Teste e coloque seu resultado mais próximo e a massa utilizada.