

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TAISY FERNANDES VIEIRA

**ESTUDO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO
DE FÍSICA E ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO**

CAMPO MOURÃO

2021

TAISY FERNANDES VIEIRA

**ESTUDO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO
DE FÍSICA E ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO**

**Study of an interdisciplinary didactic proposal for the teaching of physics and
astronomy in high school**

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do
Programa de Mestrado Profissional de Ensino de
Física – Polo 32 (MNPEF) da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR),
Orientador: Michel Corci Batista.
Coorientador: Fernanda Peres Ramos.

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão**



TAISY FERNANDES VIEIRA

**ESTUDO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE FÍSICA E
ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 19 de Fevereiro de 2021

Prof Michel Corci Batista, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Gilson Junior Schiavon, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Vladimir Jearim Pena Suarez, Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro (Ufrj)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 19/02/2021.

Dedico esse trabalho a minha família, amigos, orientadores, enfim, para todos aqueles que direta ou indiretamente participaram desta construção.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado a oportunidade de realizar este estudo.

Aos professores do mestrado, pela paciência, dedicação, e pela forma de conduzir nossa formação e principalmente pelo ambiente de harmonia e amizade.

Ao professor Dr. Michel Corci Batista que me orientou com muita calma, carinho e dedicação, pela convivência alegre, pelas críticas argutas, pela confiança que demonstrou em mim desde a entrevista sobre o projeto e, principalmente, pela liberdade que me concedeu em toda a trajetória desta pesquisa.

A professora Dr^a. Fernanda Peres Ramos por toda a dedicação ao meu trabalho durante a coorientação, pelos valiosos e bem humorados apontamentos e sugestões.

Aos amigos e colegas de turma com os quais tive uma ótima convivência e troca de informações no decorrer do curso, por cada final de semana em que nos dedicamos a pensar, a produzir, e a rir.

A todos os meus amigos que de forma direta ou indireta me incentivaram no decorrer do trabalho, por terem me acompanhado ao longo de um processo de amadurecimento.

A minha família por terem-me dado uma ótima educação, estudo e muito amor, incentivando-me a ir em frente cada vez mais e nunca desistir frente a um obstáculo, fazendo-me acreditar em um futuro melhor.

Ao Colégio Estadual Alberto Santos Dumont e aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio por aceitarem fazer parte desta investigação.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão pelas condições proporcionadas para a realização desse curso de mestrado.

À Sociedade Brasileira de Física e à Capes por apoiar o projeto.

Meu muito obrigado a todos.

“A persistência é o caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO

Nosso trabalho objetivou investigar as potencialidades de uma proposta didática interdisciplinar, à luz da teoria de aprendizagem de Gagné e da metodologia da sala de aula invertida, para o ensino de Física e Astronomia em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Campina da Lagoa, região centro-oeste do estado do Paraná. Tal proposta constituiu-se como produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Nossa pesquisa está alicerçada nos pressupostos teóricos da pesquisa qualitativa e para constituir nosso corpus utilizamos questionários, documentos produzidos pelos alunos ao longo da implementação, mapas mentais e o diário de campo da pesquisadora. A análise do material coletado se deu de acordo com os pressupostos de Robert K. Yin (2016). O referido autor sugere a adoção de cinco fases para a análise dos dados qualitativos, são elas: compilação; decomposição; recomposição; interpretação e conclusão. Nossos resultados evidenciaram que os alunos se sentiram motivados em participar da proposta, participando ativamente de cada encontro. Verificamos ainda que alunos conseguiram estabelecer relações importantes sobre os conceitos de Física e Astronomia estudados, bem como perceber as relações interdisciplinares estabelecidas com os mesmos.

Palavras-chave: ensino remoto intencional; sala de aula invertida; produto educacional; ensino de física;

ABSTRACT

Our work aimed to investigate the potential of an interdisciplinary didactic proposal, in the light of Gagné's theory of learning and the methodology of the inverted classroom, for the teaching of Physics and Astronomy in a third-year high school class at a public school in city of Campina da Lagoa, central-west region of the state of Paraná. Such proposal is constituted as an educational product of the National Professional Master in Physics Teaching. Our research is based on the theoretical assumptions of qualitative research and to constitute our corpus we use questionnaires, documents produced by students throughout the implementation, mental maps and the researcher's field diary. The analysis of the collected material took place according to the assumptions of Robert K. Yin (2016). This author suggests the adoption of five phases for the analysis of qualitative data, which are: compilation; decomposition; recomposition; interpretation and conclusion. Our results showed that the students felt motivated to participate in the proposal, actively participating in each meeting. We also verified that students were able to establish important relationships on the concepts of Physics and Astronomy studied, as well as to perceive the interdisciplinary relationships established with them.

Keywords: intentional remote teaching; flipped classroom; educational product; physics teaching;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação de uma Terra esférica como centro de um universo finito.....	17
Figura 2	Representação da explicação de Ptolomeu para o movimento dos planetas.....	18
Figura 3	Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol.....	22
Figura 4	Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol com uma excentricidade baixa.....	23
Figura 5	Trajectoria elíptica descrita por um planeta hipotético em torno do Sol	24
Figura 6	Representação da lei da gravitação de Newton	28
Figura 7	Representação de um satélite em órbita circular	30
Figura 8	Representação gráfica do percentual de melhora nas questões de conhecimentos gerais sobre as temáticas Guerra Fria e Corrida Espacial	75
Figura 9	Representação gráfica do percentual de melhora nas questões de Física	77
Figura 10	Demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais	79
Figura 11	Mapa mental construído como referência	80
Figura 12	Mapa mental construído pelo aluno 6	80
Figura 13	Mapa mental construído pelo aluno 1	81
Figura 14	Nuvem de palavras estabelecida a partir dos termos apresentados pelos alunos nos seus respectivos mapas mentais	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Parâmetros orbitais	23
Quadro 2	Trabalhos sobre Astronomia no Ensino Médio encontrados na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações entre os anos de 2015 e 2020	32
Quadro 3	Distribuição da quantidade de trabalhos por região do país	34
Quadro 4	Categorias e subcategorias elencadas a partir da análise de conteúdo de Bardin, com suas respectivas frequências	35
Quadro 5	Descrição dos tipos de aprendizagem de acordo com Gagné	50
Quadro 6	Organização dos Módulos	55
Quadro 7	Relatos iniciais dos alunos sobre o que tinham achado mais interessante no filme	61
Quadro 8	Segundo relato dos alunos de acordo com o filme	61
Quadro 9	Relatos iniciais dos alunos de acordo com o filme	62
Quadro 10	Organização dos Módulos	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Uma introdução a História da Astronomia	16
2.2	Aspectos teóricos sobre a teoria da Gravitação	21
2.3	O ensino de Astronomia no Ensino Médio	31
2.4	A importância da interdisciplinaridade no ensino de Astronomia	36
2.5	A proposta da sala de aula invertida como encaminhamento metodológico	39
2.6	O pensamento de Gagné para a organização do trabalho	45
3	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	52
3.1	Caracterização do trabalho	52
3.2	Proposta de ensino apresentada como produto educacional ...	55
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO	60
4.1	Relato de experiência	60
4.2	Resultado dos questionários inicial e final	70
4.3	Resultado dos mapas mentais produzidos	78
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A – Questionário inicial	94
	APÊNDICE B – Produto Educacional	98

1 INTRODUÇÃO

A experiência como professora de Física do Ensino Médio público é o que move e desperta o interesse em propor a investigação sobre uma proposta de ensino diferente do convencional. É dessas vivências que “brotam” – e se mantêm – as inquietações sobre a Física que é ensinada na escola. Alguns questionamentos são latentes: qual o significado do ensino de Física no Ensino Médio? Quais as possíveis aplicações, relações que podem ser realizadas? Esse assunto, poderia ser abordado de outra maneira? Quais são as diferentes estratégias para ministrar uma aula de Física que o aluno se envolva?

Nosso ensino de Física hoje na educação básica é feito de acordo com Moreira (2018) apenas para treinar os alunos para serem aprovados em vestibulares, ou seja, os alunos precisam apenas marcar a alternativa correta, ainda que eles não compreendam o fenômeno. Ainda de acordo com o mesmo autor, esse ensino de Física caracteriza-se como tradicional, no qual a aula é fundamentada em memorização de expressões para a resolução de exercícios.

Moreira (2018) também aponta que a Física não é ensinada de maneira interdisciplinar, e não leva em consideração que os alunos já possuem alguma compreensão do tema em discussão. Batista, Coneglian e Rocha (2018) enfatizam que, o que se presencia nos diversos contextos escolares da educação básica é a falta de interação entre os conhecimentos, a fragmentação não só das diferentes disciplinas escolares, como também, entre os próprios profissionais da educação, da escola.

Nesse sentido, Japiassu (1976), Manacorda (1991) e Fazenda (2011), entre outros, relatam em suas pesquisas que o conhecimento difundido nos estabelecimentos de ensino vem sendo organizado de forma estanque e fragmentado, contribuindo para a formação de um indivíduo incompleto, dividido, alienado e desumanizado.

Dessa forma, em consonância com Batista, Coneglian e Rocha (2018) entendemos, que a prática interdisciplinar se torna indispensável para superar uma visão restrita de mundo, sendo essencial para romper com as barreiras e divisões estabelecidas entre os conteúdos das disciplinas escolares. Ainda segundo os autores, só assim, trabalhando de forma colaborativa, compartilhando informações de forma coordenada, formando uma rede de conhecimentos, será possível formar um

cidadão pleno capaz de conviver em sociedade (BATISTA, CONEGLIAN e ROCHA, 2018, p.109).

Voltando a nossa vivência como professora, é muito comum ouvir professores na sala dos professores ou em rodas de conversa dizerem que “os alunos não estão a fim de nada, não querem estudar, que não são mais como os alunos de antigamente”. De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), de fato eles não são. Segundo os autores, os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado; no dia a dia, os alunos costumam manter contato com as redes sociais e acessam informações diretamente quando se interessam por elas, utilizando para isso seus smartphones, tablets ou computadores. Para eles, a falta de interação e um alto grau de passividade durante as aulas é muito desmotivador e sem sentido.

Confortin, Ignácio e Costa (2018), dizem que jovem precisa ser motivado a utilizar a tecnologia de forma benéfica e significativa para a sua formação pessoal, acadêmica e profissional. No intuito de proporcionar um ensino menos fragmentado, mais dinâmico e mais envolvente torna-se necessário que as metodologias de ensino tradicionais¹ sejam alinhadas a metodologias ativas e/ou que sofram alterações e até modificações.

Para que esse alinhamento entre as metodologias seja possível faz-se necessário pensar em uma teoria de aprendizagem que dê condições para que isso se torne viável. Nesse sentido, a teoria de Gagné pode ser bem apropriada, pois, de acordo com Moreira (1999), esta teoria é classificada como uma transição entre as teorias behavioristas e cognitivistas, uma vez que incorpora elementos das duas teorias. No entanto, Gagné, diferentemente da abordagem behaviorista de Skinner, se preocupa com o processo da aprendizagem. Para ele a aprendizagem se realiza “dentro da cabeça” do aprendiz, além de destacar a importância das teorias de aprendizagem, ressaltando a chamada “teoria de processamento da informação”, apresentando e discutindo um modelo básico de aprendizagem e memória como consequência de teorias de processamento de informação (MOREIRA, 1999).

Nessa teoria, considera-se dois tipos distintos de eventos, os externos e os internos ao aprendiz. Os primeiros relacionados à estimulação e os produtos

¹ Aquelas centradas no professor.

consequências da sua resposta e os últimos, admitidos ocorrendo no sistema nervoso central do estudante, inferidos de observações externas.

A partir desse referencial podemos pensar em uma aprendizagem ativa dos educandos. Aprendizagem ativa, neste contexto, envolve a realização de atividades de ensino que permitam aos alunos se engajarem cognitivamente e refletirem ao longo do processo sobre aquilo que estão fazendo.

Dentre diversas possíveis formas de se implementar tais atividades, uma metodologia de ensino em particular tem recebido destaque nos últimos anos: a sala de aula invertida (OLIVEIRA, ARAUJO e VEIT, 2016). Nessa perspectiva metodológica da sala de aula invertida, ainda de acordo com os mesmos autores, os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala através de atividades prévias às aulas. Isso pode ser feito em casa, por exemplo, por meio de leituras e/ou visualização de vídeos indicados pelo professor e algumas questões sobre o conteúdo tratado nesses recursos (BERGMANN e SAMS, 2018).

Com base nessas reflexões essa pesquisa propõe-se a investigar a seguinte questão: quais as potencialidades que uma proposta didática interdisciplinar à luz da teoria de Gagné e da metodologia da sala de aula invertida, apresenta para o ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio? Nesse sentido o presente trabalho objetivou investigar as potencialidades de uma proposta didática interdisciplinar, à luz da teoria de aprendizagem de Gagné e da metodologia da sala de aula invertida, para o ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio.

Para subsidiar tal investigação, estabelecemos a elaboração dos seguintes objetivos específicos:

- i. Investigar o que tem sido proposto de Astronomia para o Ensino Médio a partir da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD).
- ii. Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os temas: Corrida Espacial, Leis de Newton e Gravitação Universal.
- iii. Avaliar uma proposta didática interdisciplinar de Ensino Remoto Intencional para o Ensino Médio.

Dessa forma, no que diz respeito à organização desse trabalho, a pesquisa é composta por quatro capítulos. O primeiro capítulo seguindo as orientações da Sociedade Brasileira de Física juntamente com a coordenação geral do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, constitui-se desta introdução.

Em seguida, no capítulo dois, organizamos uma fundamentação teórica, tanto de Física que versa sobre assuntos relacionados a Astronomia e Física necessários para a compreensão da lei da Gravitação Universal e suas aplicações; quanto de ensino, que busca apresentar a teoria de aprendizagem de Gagné, a perspectiva interdisciplinar de ensino e o encaminhamento metodológico da sala de aula invertida, que juntos constituem-se como base para a nossa proposta de ensino.

O capítulo 3 descreve os fundamentos metodológicos que sustentaram nossa pesquisa, bem como as estratégias e técnicas para coleta e análise dos dados constituídos.

O capítulo 4 constitui-se da análise e discussão dos resultados encontrados com a implementação da proposta de ensino.

Por fim, temos as considerações finais do trabalho, as referências utilizadas no mesmo e os apêndices, cuja proposta de ensino implementada constitui-se na íntegra como um dos apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Uma introdução a História da Astronomia

Desde os tempos antigos, o céu tem sido usado como um mapa, calendário e relógio. De acordo com Rooney (2018), o registro astronômico mais antigo 3000 a.C é atribuído aos chineses, babilônios e egípcios. Os estudos naquela época sobre os corpos celestes tinham finalidades práticas, como construção de calendário, previsões adequadas para plantios e colheitas, ou até mesmo para fins astrológicos.

Um dos grandes marcos da história da Astronomia antiga ocorreu na Grécia 600 a.C. a 400 d.C. Com o intuito de compreender a natureza do cosmos e a partir da curiosidade, surgiram as primeiras características sobre o nosso universo (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2003).

Nesse sentido, grandes pensadores gregos de alguma forma tentaram explicar nosso universo. Entre eles podemos destacar: Tales de Mileto (624 - 546 a.C.) inicia os estudos da Astronomia e geometria, ele calculou a duração do ano e os horários dos equinócios e solstícios. Pitágoras de Samos (572 - 497 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) acreditavam que os corpos celestes eram esféricos.

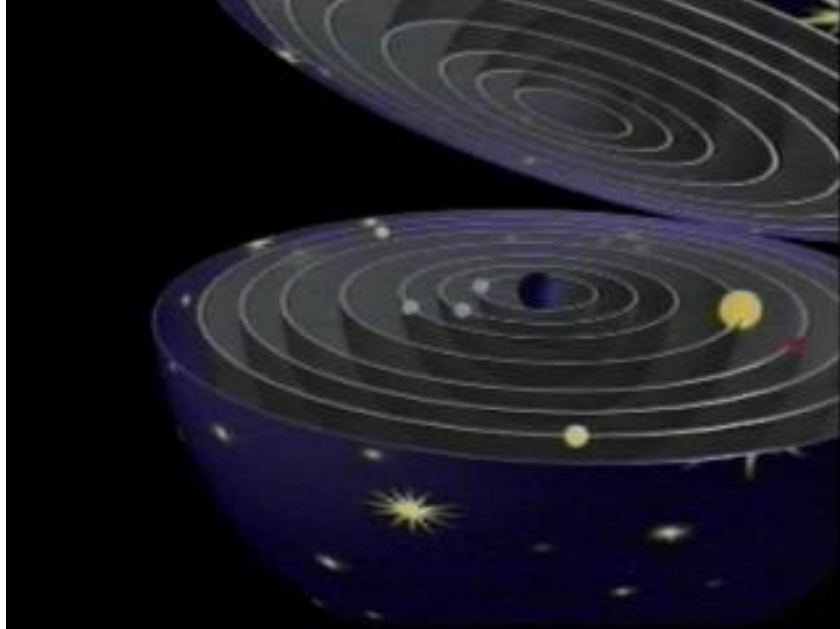
Aristarco de Samos (310 - 230 a.C.) propõe há quase 2000 anos antes de Nicolau Copérnico que a Terra gira em torno do Sol, Eratóstenes de Cirênia (276 - 194 a.C.) foi o primeiro a medir o diâmetro da Terra; Hiparco de Nicéia (160 - 125 a.C.), considerado o maior astrônomo da era pré-cristã, elaborou um catálogo com a posição no céu e a magnitude das estrelas. Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) foi um dos astrônomos importantes da antiguidade que estabeleceu o modelo geocêntrico que viria a perdurar até a renascença. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2003).

O geocentrismo e as ideias de Aristóteles

As ideias filosóficas de Aristóteles desde o século IV a.C., até o século XVI d.C., se mantiveram como os únicos pensamentos formulados sobre os fenômenos físicos e a estrutura do Universo (PORTO & PORTO, 2006). Ele acreditava que o Universo era formado por dois mundos: O mundo sublunar, onde tudo é submetido à “corrupção”, no sentido de imperfeição e mudança, e o mundo supralunar, onde tudo é imutável e perfeito (VERDET, 1991).

Segundo Nogueira (2009), a Terra possui um formato esférico e encontra-se localizada no centro do universo que é finito. Tal universo estaria organizado em camadas esféricas e concêntricas em uma estrutura semelhante a uma cebola, de acordo com a.

Figura 1 - Representação de uma Terra esférica como centro de um universo finito



Fonte: Página Geo - Conceição²

A descrição formal do pensamento aristotélico foi feita por Ptolomeu (85-165 d.C.), um grande astrônomo da antiguidade, em sua obra o *Almagesto*. Tal produção foi considerada a maior fonte de conhecimento sobre a Astronomia na Grécia. Partindo da hipótese aristotélica, criou um modelo geométrico para explicar os movimentos planetários, ou seja, desenvolveu o primeiro sistema planetário geocêntrico.

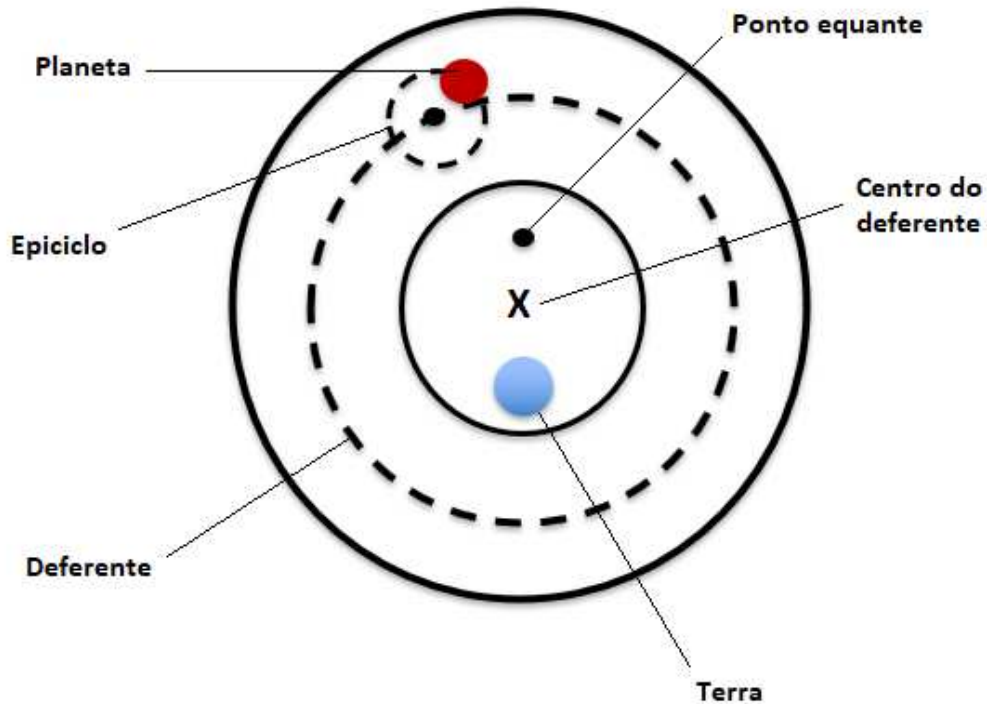
Na tentativa de explicar o movimento retrógrado do planeta Marte desenvolveu um formalismo contendo epiciclos, cujo centro se move à volta da Terra em grandes circunferências, denominadas deferentes, que permitia prever o movimento dos planetas com considerável precisão e que foi usado até o Renascimento, no século XVI.

Nesse sistema, cada planeta se move num pequeno círculo (epiciclo), conforme a figura 2, cujo centro se move ao redor da Terra, a qual é estacionária e está no

² Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetas-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em 20/10/2020.

centro do Universo. Como Mercúrio e Vênus são vistos sempre perto do Sol, Ptolomeu colocou o centro de seus epiciclos sobre uma linha entre a Terra e o Sol, com o centro dos epiciclos movendo-se ao redor da Terra, num círculo condutor (deferente) (ROONEY, 2018).

Figura 2 - Representação da explicação de Ptolomeu para o movimento dos planetas



Fonte: Rooney (2018, p. 49)

De acordo com Rooney, 2018:

Com o deferente deslocado da Terra, seu foco central é um ponto do espaço chamado “excêntrico”. Ptolomeu acrescentou outro ponto, posto à Terra e equidistante do excêntrico, que chamou de “equante”. A velocidade do planeta era uniforme em relação ao equante. Isso significa que, se pudéssemos ficar no equante e observar, o centro do epiciclo do planeta sempre se moveria com a mesma velocidade angular. Em qualquer outro lugar, inclusive na Terra, o planeta seria visto indo mais depressa em algumas partes da órbita do que em outras. Isso restaurava o movimento circular uniforme que Aristóteles exigia e, ao mesmo tempo, explicava os movimentos aparentes dos planetas quando vistos da Terra (ROONEY, 2018, p. 48-49).

Esse modelo Aristotélico-ptolomaico ficou conhecido como geocêntrico, e colaborou com as explicações dos movimentos dos corpos celestes por muito tempo, e, só foi abandonado a partir da criação da mecânica de Newton o que consolidou um período conhecido como revolução científica (PONCZEK, 2002).

A Astronomia na Idade Média

De acordo com Rooney (2018), a ideia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aristarco de Samos; ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu ainda que a Terra girava em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante.

Segundo Nogueira (2009), a teoria de que a Terra estaria em movimento não era muito atraente, porque contrariava o prestigiado pensamento aristotélico da época.

O astrônomo Nicolau Copérnico (1473 - 1543), trouxe em suas concepções sobre o universo, ideias que representaram as primeiras rupturas com a antiga visão Aristotélica de mundo, dando início aos primeiros passos da Revolução Científica denominada revolução Copernicana (PONCZEK, 2002), segundo Porto

O abalo definitivo do modelo cosmológico aristotélico-ptolomaico veio no século seguinte, com a teoria heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico. Segundo Copérnico, o Sol passava a ocupar o centro do Universo, enquanto a Terra e os demais planetas giravam ao seu redor. Copérnico, no entanto, manteve, ainda sob influência do antigo modelo cosmológico, a ideia de um Universo finito, fechado por esferas, onde os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas (PORTO; PORTO, 2008, p. 4601).

Essa nova visão do universo incomodava muito e por isso não obteve a total aceitação, diante disso a revolução copernicana só passa a ser aceita mais adiante, pois até aquele momento, a ciência era representada pela igreja, que se utilizava de argumentos bíblicos para resistir à nova revolução (PONCZEK, 2002).

Diante de todo esse cenário, as ideias de Nicolau Copérnico representaram uma das grandes revoluções da história das ciências. Mas a substituição da teoria aristotélica passaria por Kepler, recaindo nos ombros de Galileu e sendo concluída por Newton. Nesse período a Astronomia passa a ser chamada de Astronomia moderna, na qual, Kepler e Galileu acreditavam que o Universo estava matematicamente organizado e que a ciência era feita, comparando hipóteses como os dados observados experimentalmente (PONCZEK, 2002).

Nogueira e Canalle (2009), ressaltam a importância do Modelo de Copérnico, relatando a longa trajetória da passagem do modelo Geocêntrico para o Heliocentrismo:

Com sua obra, o polonês abriu uma porta que jamais voltaria a ser fechada. De fato, o seu modelo heliocêntrico parecia concordar mais com as observações do que o de Ptolomeu, e logo muitos cientistas se entusiasmaram pela novidade. Entre eles, dois dos mais importantes foram o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o italiano Galileu Galilei (1564-1642). Mas o geocentrismo ainda tentaria uma última cartada com o maior astrônomo de seu tempo, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) (NOGUEIRA; CANALLE, 2009, P.38).

Durante muitos anos o dinamarquês Tycho Brahe fez registros das posições dos planetas com muita precisão (VERDET, 1991).

Ainda de acordo com o autor supracitado, o alemão Johannes Kepler, acreditava que o modelo de Copérnico seria capaz de descrever matematicamente um Universo ordenado e harmonioso. E usando dados coletados por Tycho Brahe sobre as oposições de Marte, Kepler descobriu que o sistema de Copérnico funcionava perfeitamente, desde que fossem usadas elipses ao invés dos círculos da trajetória dos planetas, com o Sol em um de seus dois focos.

Outro nome que deu um novo rumo à Astronomia moderna foi Galileu Galilei. Galileu teve contribuições na produção de instrumentos de medida utilizados na área militar, colaborou ainda de maneira valiosa para a Física, utilizando o chamado método experimental e para a Astronomia com suas observações da Lua, de Júpiter e de Vênus com seu instrumento telescópio.

Os experimentos de Galileu foram importantes para o desenvolvimento da nossa atual mecânica. Uma série de observações feitas por Galileu ao planeta Vênus, permitiram inferir que o Sol, e não a Terra, era o centro do Universo. Com relação às observações feitas por Galileu, podemos destacar descobrimentos das manchas solares, as montanhas da Lua, as luas de Júpiter e as fases de Vênus (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2003).

Em seu trabalho sobre o Fascínio do Universo, Damineli e Steiner (2010), trazem ideias que complementam a tese de que Galileu com suas observações astronômicas comprovou que a teoria do Heliocentrismo era verdadeira.

Galileu Galilei (1564-1642), que foi um dos primeiros a examinar o céu com ajuda de um telescópio – e a desenhar, a mão, o que tinha visto na Lua, no Sol, em Júpiter e em Saturno, espantando a sociedade de sua época (DAMINELLI; STEINER, 2010, p.18).

Estas evidências tiveram grande impacto, atingindo fortemente o geocentrismo. A Igreja Católica, começa a discordar das interpretações dadas aos dados observados por Galileu. Suas ideias foram criticadas, o que levou a mira da Inquisição, na qual teve de se explicar perante a Igreja, assim foi acusado de ensinar “má ciência” e advertido de que a teoria heliocêntrica deveria ser ensinada apenas como uma hipótese por ser contrária ao que a Bíblia propunha (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2003).

Os princípios e as leis da dinâmica concebidos por Newton constituem o passo fundamental para o desenvolvimento da ciência moderna. Newton é considerado o fundador da mecânica clássica. Suas ideias influenciaram todo o pensamento científico e filosófico do século XVIII.

Damineli e Steiner (2010), mostram que dentre os problemas da mecânica celeste, ele deu a explicação física para o comportamento dos planetas, deduzindo leis de Newton e a lei da gravitação universal a partir das leis de Kepler.

A teoria da gravidade do físico inglês Isaac Newton (1643-1727) foi deduzida diretamente das leis de Johannes Kepler (1571-1630), que diziam como os planetas se moviam em torno do Sol (DAMINELLI; STEINER, 2010, p.21).

A teoria da gravitação publicada por Newton foi o golpe final na teoria Geocêntrica.

2.2 Aspectos teóricos sobre teoria da gravitação

Em 1687, foi publicada a obra de Isaac Newton, “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, que viria agregar diferentes conhecimentos de diferentes autores da época. A obra de Newton foi dividida em três partes, a primeira abordava os Fundamentos da Mecânica, a segunda abordava o que chamamos de Mecânica dos Flúidos e a terceira parte discutia o Sistema do Mundo.

Nesta terceira parte Newton voltou-se para problemas oriundos da Mecânica Celeste e descreveu o que conhecemos como teoria da Gravitação Universal, ou seja,

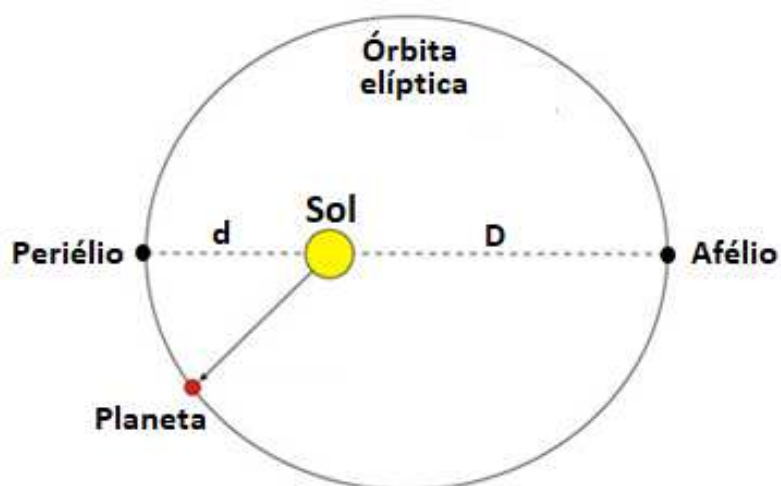
a partir dos recursos matemáticos desenvolvidos na primeira parte do livro, de Fundamentos da Mecânica, juntamente com os princípios apresentados por Kepler para a descrição dos movimentos dos corpos celestes ele chegou à Lei do inverso do quadrado.

Para a compreensão desta Lei devemos entender como Johannes Kepler a partir de um volumoso conjunto de dados precisos sobre os movimentos aparentes compilados pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe descreveu os movimentos dos planetas (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 14).

Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas

Os planetas orbitam o Sol em trajetórias elípticas, onde o Sol ocupa um dos focos da elipse, como mostra a figura 3.

Figura 3 - Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol



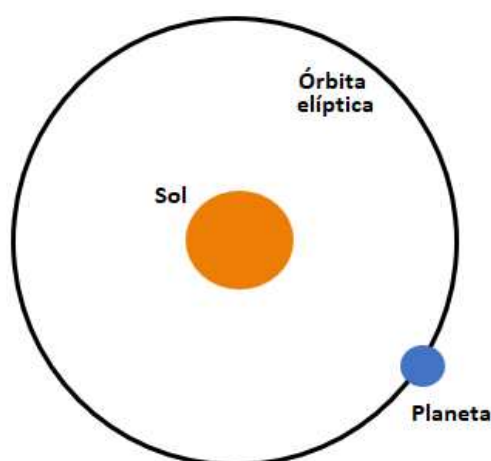
Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 3 demonstra a excentricidade orbital, que se encontra proposadamente acentuada para destacar as variações das distâncias do planeta ao Sol. Perceba que pela trajetória não ser circular, durante seu movimento a distância entre o planeta e o Sol varia conforme sua posição na trajetória. Isso significa que ora o planeta está mais próximo do Sol, no periélio e ora está mais afastado, no afélio. Ao olharmos para o nosso planeta Terra a distância do mesmo ao Sol no periélio é de 147 milhões de quilômetros, $d = 1,47 \cdot 10^8$ km, e no afélio de 152 milhões quilômetros, $D = 1,52 \cdot 10^8$ km.

A média aritmética desses valores é chamada de distância média, ou raio médio (R) e vale 150 milhões de quilômetros, $R = 1,5 \cdot 10^8$ km (NASA, 2000).

De acordo com Menezes e Batista (2020), as órbitas planetárias são bastante próximas de circunferências (figura 4), isto é, possuem excentricidades baixas. Para se ter uma ideia a excentricidade da órbita da Terra varia entre 0 e 0.070 em um ciclo que leva entre 90 000 e 100 000 anos. Atualmente a excentricidade é de cerca de 0.017.

Figura 4 - Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol com uma excentricidade baixa.



Fonte: Autoria própria (2021)

No quadro 1 temos alguns parâmetros orbitais para os planetas que compõem o Sistema Solar.

Quadro 1 - Parâmetros orbitais

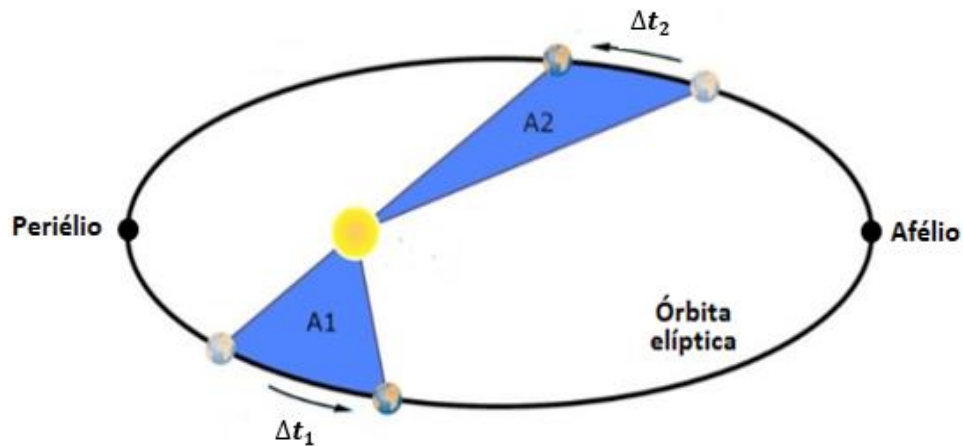
Planeta	Excentricidade da órbita	Raio Médio (km)
Mercúrio	0,200	2439
Vênus	0,007	6052
Terra	0,017	6378
Marte	0,093	3397
Júpiter	0,048	71492
Saturno	0,054	60268
Urano	0.047	25559
Netuno	0,009	24764

Fonte: Pietrocola et al. (2016, p. 263) adaptado

Segunda Lei de Kepler: Lei das áreas

Quando um planeta se move em sua órbita, sua velocidade linear, velocidade angular e o raio da órbita variam todos. No entanto, o raio vetor (vetor do Sol até o planeta) varre áreas iguais em tempos iguais como mostra a figura 5.

Figura 5 - Trajetória elíptica descrita por um planeta hipotético em torno do Sol.



Fonte: Autoria própria (2021)

Nos intervalos de tempo Δt_1 e Δt_2 , o planeta percorre determinados trechos em sua órbita que descrevem áreas A1 e A2 respectivamente.

Algebricamente podemos dizer que:

$$\frac{A1}{\Delta t_1} = \frac{A2}{\Delta t_2} = \text{constante } (k)$$

No periélio o planeta percorre um arco maior em sua trajetória no mesmo intervalo de tempo, isso porque as áreas varridas são iguais, logo a velocidade orbital da Terra em torno do Sol no periélio é maior que no afélio:

$$v_{\text{periélio}} = 108\,137 \text{ km/h} = 30,03 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{afélio}} = 106\,344 \text{ km/h} = 29,52 \text{ m/s}$$

Assim, quando o planeta descreve sua órbita no sentido do periélio para o afélio o movimento descrito é considerado retardado, e quando o planeta descreve sua

órbita no sentido do afélio para o periélio o movimento descrito é considerado acelerado.

Terceira Lei de Kepler: Lei dos períodos

Se R for a metade do comprimento do eixo maior da elipse orbital, e T for o período de revolução do planeta em torno do Sol quando visto por um observador fixo no espaço (período sideral), então a relação $\frac{R^3}{T^2}$ será a mesma para todos os planetas.

Assim:

$$\frac{R^3_{\text{Mercúrio}}}{T^2_{\text{Mercúrio}}} = \frac{R^3_{\text{Vênus}}}{T^2_{\text{Vênus}}} = \frac{R^3_{\text{Terra}}}{T^2_{\text{Terra}}} \dots$$

Newton e a Força Gravitacional³

Iniciamos esse tópico com um fragmento do texto publicado na revista Física na Escola por Freire Junior, Matos Filho e Valle (2004, p. 25):

No Livro III⁴, Newton apresenta um conjunto de fenômenos astronômicos, mostrando que eles obedecem às leis de Kepler. Desse modo, Newton mostra que os satélites de Júpiter e de Saturno descrevem áreas proporcionais ao tempo de percurso e que seus períodos e distâncias orbitais estão em uma proporção similar à 3ª Lei de Kepler (Fenômenos 1 e 2); mostra que os cinco planetas primários [Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno] giram em torno do Sol (Fenômeno 3); que os períodos dos cinco planetas primários, mais o período da Terra em torno do Sol, ou do Sol em torno da Terra, mantêm com as respectivas distâncias orbitais a relação identificada por Kepler, que hoje denominamos de 3ª Lei de Kepler (Fenômeno 4); que os cinco planetas primários só obedecem à lei das áreas de Kepler se tomarmos a distância dos planetas ao Sol e que o mesmo não ocorrerá se tomarmos as distâncias dos mesmos planetas à Terra [o que deve ser considerado um argumento favorável ao heliocentrismo] (Fenômeno 5); e, por fim, que a Lua varre áreas iguais em tempos iguais (Fenômeno 6). Como Newton havia demonstrado no Livro I, trajetórias que satisfazem relações como as Leis de Kepler devem ser causadas por uma força que varia com o inverso do quadrado da distância. Desse modo as proposições 1, 2, e 3 são dedicadas a mostrar que a força centrípeta sobre os satélites de Júpiter, sobre os planetas primários e sobre a Lua são todas proporcionais ao inverso do quadrado da distância ao centro de cada movimento. Só então é que Newton introduz, na Proposição 4, a ideia de uma força gravitacional, tal qual conhecemos hoje. Deve ser notado que, até Newton, a

³ Sugerimos a leitura do artigo na íntegra - [Física na Escola, v. 5, n. 1, 2004](#)

⁴ Terceira parte do livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural.

expressão “a Lua gravita na direção da Terra ...” era um *non-sense*⁵, porque a palavra gravidade era usada exclusivamente com o significado de “peso terrestre”. Newton busca associar dois resultados experimentais numéricos bem estabelecidos à época: a gravidade terrestre e a aceleração centrípeta da Lua. Esta identidade de efeitos (valores iguais para a aceleração) deve levar, conforme a Regra de Filosofar número 2, que Newton havia enunciado no início desse mesmo Livro III, a uma identidade de causas; logo, a força que acelera uma pedra na superfície da Terra é da mesma natureza da força que mantém a Lua em sua órbita. Não era ainda a ideia de uma gravitação “universal”, o que demandaria examinarmos as Proposições subsequentes, mas foi o passo mais significativo na estratégia newtoniana para a introdução dessa ideia.

Na tentativa de responder tal pergunta, devemos entender que Newton ao analisar o movimento da Lua ele concluiu que ela está sujeita ao mesmo tipo de força que faz com que os corpos caiam na superfície da Terra. A partir desta análise, Newton complementou que a força gravitacional era também responsável por manter os planetas orbitando ao redor do Sol.

Tomando por base a noção de aceleração centrípeta já descrita no momento e as leis de Kepler, Newton descreve a lei do inverso do quadrado.

De acordo com Dias, Santos e Souza (2004), A lei do inverso do quadrado seria, apenas, uma parte da Gravitação Universal. A descoberta importante feita por Newton seria a interação mútua, ou seja, as interações de corpos que atraem e atraídos são mútuas e iguais. A partir do exposto podemos dizer que a Lei do inverso do quadrado pode ser evidenciada a partir da lei de Kepler, conhecida hoje por nós como Lei dos Períodos. Em 1714, Newton chega a afirmar que havia chegado à ideia Lei do inverso do quadrado ($F \propto \frac{1}{d^2}$), a partir da junção da 3ª lei de Kepler ($T^2 \propto r^3$) e pela tendência centrífuga que em uma notação atual pode ser expressa por $a = \frac{v^2}{r}$.

Entendendo a Lei do inverso do quadrado

Partimos da força centrípeta

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

⁵ Expressão inglesa que denota algo sem sentido.

mas

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = 2\pi r T$$

e T é o período do movimento

$$F = m \cdot \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2 r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2} \cdot \frac{1}{r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r}{T^2}$$

Multiplicamos o numerador e o denominador por r^2 :

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2}$$

Lembramos que a terceira Lei de Kepler é dada por:

$$\frac{r^3}{T^2} = k = \text{constante}$$

Assim,

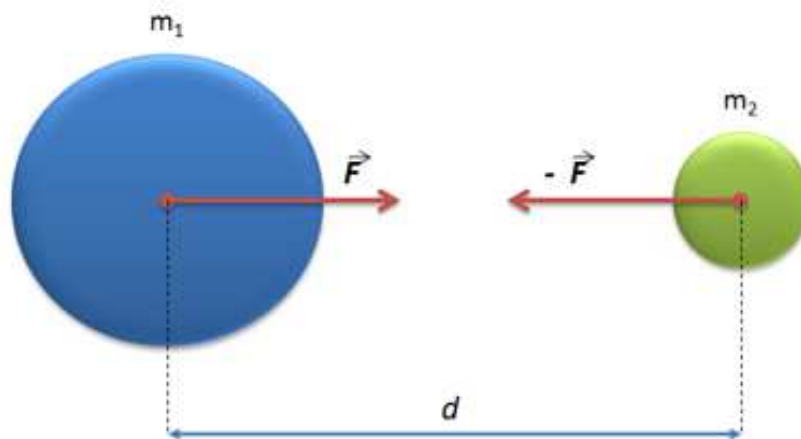
$$F = \left[m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^3}{T^2} \right] \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$F = [\text{constante}] \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$F = [G \cdot M \cdot m] \cdot \frac{1}{r^2}$$

Onde G é a constante gravitacional e M e m as massas que se atraem mutuamente e r a distância entre as massas, como mostra a figura 6.

Figura 6 - Representação da lei da gravitação de Newton



Fonte: Autoria própria (2021)

Assim, numa linguagem simplificada podemos dizer que: dois corpos com massa m_1 e m_2 , atraem-se mutuamente por meio de forças que têm a direção da reta que os une e cujas intensidades são diretamente proporcionais ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa, podendo seu módulo ser representado algebricamente pela equação.

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

Em que G é uma constante de proporcionalidade denominada constante gravitacional. Seu valor não depende dos corpos nem da distância entre eles ou do

meio que os envolve, depende somente do sistema de unidades utilizado. No sistema Internacional, esse valor é:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / kg^2$$

Satélites

A Lua é o único satélite natural da Terra e o quinto maior do Sistema Solar. É o maior satélite natural de um planeta no sistema solar em relação ao tamanho do seu corpo primário, tendo 27% do diâmetro e 60% da densidade da Terra, o que representa $\frac{1}{81}$ da sua massa (MICHA, 2018).

A Lua possui muitos movimentos, mas pode-se destacar três como principais: translação, rotação e revolução.

O movimento de translação é o que ela faz em torno do Sol, acompanhando a Terra. Sua duração é de um ano, como o da Terra, portanto, 365 dias.

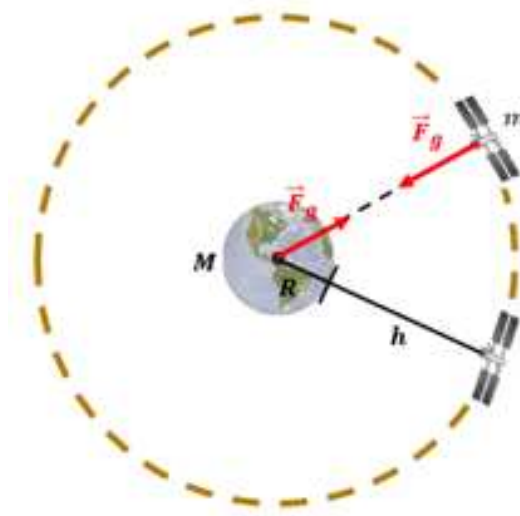
O movimento de rotação é o que ela faz em torno do seu próprio eixo, e o movimento de revolução é o que ela faz ao redor da Terra.

De acordo com Langhi (2011), os movimentos de rotação e revolução têm a mesma duração, pois são realizados, em tempos iguais, num período aproximado de 28 dias, nesse período a Lua passa por quatro fases bem distintas. O período de revolução da Lua em torno da Terra é igual ao período em que ela gira em torno do seu próprio eixo. Por isso, vemos da Terra sempre a mesma face da Lua.

Satélite em órbita circular

Considere que um satélite de massa m esteja em órbita circular de raio r em torno da Terra de massa M , figura 7.

Figura 7 - Representação de um satélite em órbita circular



Fonte: Autoria própria (2021)

A primeira observação importante é que a distância r é a distância do centro da Terra até o satélite, ou seja, devemos somar o raio da Terra (R) a distância da superfície da Terra até o satélite (h).

$$r = R + h$$

Outra observação importante que se deve fazer é que a força resultante sobre o satélite é a força gravitacional \vec{F}_g . No entanto no Movimento Circular a força resultante recebe o nome de força centrípeta \vec{F}_c .

Pode-se então, a partir da lei da Gravitação Universal, determinar a velocidade de translação do satélite em torno da Terra. Sabendo que a força de atração gravitacional entre M e m , a qual atua no satélite, é a resultante centrípeta, necessária para mantê-lo em órbita pode-se fazer:

$$F_g = G \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{e} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$F_c = F_g$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$v^2 = G \frac{M}{r}$$

Como $r = R + h$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{(R + h)}}$$

Satélite geoestacionário

Segundo Pietrocola *et al.* (2016), um satélite geoestacionário parece estar parado, para um observador na Terra, porque ele gira sobre um ponto do equador com um período igual ao de rotação da Terra, para que isso seja possível o satélite e o planeta precisam ter a mesma velocidade angular.

2.3 O ensino de Astronomia no Ensino Médio

A Astronomia é conhecida hoje por ser uma das ciências mais antigas, pois existem evidências de observações astronômicas desde o período pré-histórico.

De acordo com Langhi (2005), apesar da Astronomia ser considerada a mais antiga das ciências, ainda é desconhecida tanto pelos alunos nas escolas quanto pela população em geral.

O ensino de Astronomia pode proporcionar um grau de interdisciplinaridade, porque é possível relacioná-la com diferentes formas de como a ciência era estudada no passado e no presente.

De acordo com Batista, Fusinato e Ramos (2017), o ensino de Astronomia nas escolas quase sempre passa despercebido no decorrer do ano letivo, pois, a disciplina de Ciências normalmente conta com um professor formado em outras áreas, que na maioria das vezes, não contempla uma disciplina específica de ensino de Astronomia. No Ensino Médio com a disciplina de Física o professor não promove situações criativas, sendo assim o ensino permanece apenas matemático e repetitivo.

Porém, é importante salientar de acordo com Batista (2016), Oliveira (2020) e Buffon (2020) que houve nos últimos anos um crescimento relacionado ao ensino de Astronomia. Nos livros didáticos a partir do sexto ano do ensino fundamental da Educação Básica, passando pelos livros de Ensino Médio de algumas disciplinas

como Geografia e Física, e, principalmente em dissertações e teses que discutem as lacunas e as possibilidades para a área de Educação em Astronomia, embora seja lento, esses conteúdos começam a ganhar espaço em relação às últimas décadas.

Para Langui e Nardi (2005), o principal problema é que a Astronomia não é uma disciplina independente, e sim tratada como um capítulo no ensino de Física ou Ciências. Segundo o autor a solução seria transformar a Astronomia em uma disciplina independente e ainda fornecer material didático adequado.

Segundo Percy (1998), a inclusão da Astronomia como uma disciplina independente poderia trazer diversos benefícios, para os alunos, que teriam uma formação mais completa sobre esse assunto, e também aos profissionais desta área que sofrem pela falta de emprego, por ser uma área muito específica.

Nesse sentido, faz-se necessário buscar formas e métodos que possam favorecer um ensino mais atraente, que desperte a curiosidade científica dos alunos.

Na busca por compreender o cenário do ensino de Astronomia no Ensino Médio e balizar nossa proposta de produto educacional fizemos um levantamento na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) por meio das palavras-chave: Astronomia e Ensino Médio. Com isso, foram selecionadas apenas publicações que no título, mencionavam as palavras-chave utilizadas na busca. Após a leitura dos resumos, os trabalhos que não tiveram relação com a temática desejada foram descartados.

Inicialmente tivemos um montante de 117 teses e dissertações no total, então restringimos nossa busca aos últimos cinco anos (2015 a 2020), e mantendo apenas os trabalhos específicos que continham os termos pesquisados no título do trabalho. Dessa forma, nossa pesquisa contou com 20 publicações, conforme quadro 2, sendo todas dissertações de mestrado, em sua maioria de mestrado profissional.

Quadro 2 - Trabalhos sobre Astronomia no Ensino Médio encontrados na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações entre os anos de 2015 e 2020

Autor	Título	Ano	Diss. Tese
SILVA, S. M.	Uma experiência de inserção de Astronomia e física moderna no ensino médio a partir do sol	2015	D
SILVA, T. P.	Nossa posição no universo: Uma proposta de sequência didática para o ensino de Astronomia no Ensino Médio	2015	D
TOTAL DE TRABALHOS EM 2015			2

OLIVEIRA, I. L.	A constante de Hubble: uma proposta didática para discutir a cosmologia em sala de aula no Ensino Médio	2016	D
SILVA, W. F.	Origem, evolução e morte das estrelas: uma sequência de ensino para alunos do Ensino Médio	2016	D
MOURA, P. M.	Astronomia e o ensino de física e de matemática no Ensino Médio em uma escola pública de Petrolina-PE	2016	D
SILVA, F. P.	O Fenômeno das Marés: Gravitação e Astronomia numa Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino Médio	2016	D
CARBONI, A.	Astronomia no ensino médio: uma proposta de sequência didática	2016	D
TOTAL DE TRABALHOS EM 2016			5
CUNHA, E. L.	Da Astronomia básica à astrofísica: um curso para Ensino Médio	2017	D
ASSENSO, R.	Ensino de física por meio de atividades de ensino investigativo e experimentais de Astronomia no Ensino Médio	2017	D
FARIAS, R. S.	Astronomia: uma ferramenta motivacional para o estudo da física mecânica no ensino médio	2017	D
ROGERIO, T. P.	Uma proposta de ensino de Astronomia para o Ensino Médio a partir de uma breve história da evolução de nosso conhecimento sobre o Universo.	2017	D
GIRARDI, M.	Construção do diagrama Hertzsprung-Russel através do stellarium: uma proposta para explorar conceitos de física moderna e contemporânea no ensino médio	2017	D
BOAVENTURA, G. A. S.	O uso do dispositivo de Orrery no ensino de Astronomia no Ensino Médio	2017	D
TOTAL DE TRABALHOS EM 2017			6
FLACH, D.	Tópicos em Astronomia no primeiro ano do Ensino Médio	2018	D
FERREIRA, C. A.	Medidas de Distâncias em Astronomia: Uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino Médio	2018	D
VIEIRA, M. B. F.	Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: análise de uma proposta	2018	D
FERREIRA, Rafael da Costa	Criação e uso de material instrucional digital multimídia para o ensino de conceitos de Astronomia para o ensino médio	2018	D
PRUDENTE, L. A. S.	Fenômenos entre a interação Sol-Terra: criação, aplicação e discussão de um	2018	D

	material experimental no Ensino Médio e Superior		
NAPOLEÃO, T.A.J.	Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: Uma abordagem empírica baseada na observação visual das estrelas variáveis	2018	D
TOTAL DE TRABALHOS EM 2018			6
BERNARDO, R. V.	Aplicação do jogo "Desvendando os Segredos do Universo" e a "Caixa dos Eclipses" para estudantes do ensino médio	2019	D
TOTAL DE TRABALHOS EM 2019			1

Fonte: Autoria própria (2021)

Com base nos dados do quadro 2 é possível perceber que não há um crescimento linear no número de trabalhos ao longo dos anos. No entanto entre 2016 e 2018 houve uma certa regularidade na produção acadêmica.

Estas pesquisas foram desenvolvidas em instituições de Ensino Superior de doze cidades de sete estados diferentes, conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 3 - Distribuição da quantidade de trabalhos por região do país

Localidade	Estado	Quantidade de trabalhos	Região do País
Volta Redonda	RJ	2	Região sudeste
Vitória	ES	4	
Sorocaba	SP	1	
São Paulo	SP	4	
Santo André	SP	1	
Presidente Prudente	SP	1	
<hr/>			
Porto Alegre	RS	1	Região Sul
Tramandaí	RS	1	
Florianópolis	SC	1	
Lajeado	RS	1	
<hr/>			
Caruaru	PE	1	Região Nordeste
Natal	RN	2	

Fonte: Autoria própria (2021)

Os dados apresentados no quadro 3 indicam que, considerando as localidades citadas, 13 trabalhos foram desenvolvidos na região Sudeste, 4 foram originados na região Sul e 3 na região Nordeste. Até a data da presente pesquisa não há na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) nenhum trabalho referente a região Centro-Oeste e Norte. Nossos dados convergem para as observações feitas por

Francisco (2011) e Silva e Queiroz (2013), que indicavam uma presença mais significativa de pesquisa na região sudeste, uma vez que nesta região há uma concentração maior de programas de pós-graduação.

Para manter foco do presente estudo se deu a leitura cuidadosa dos resumos e quando eles não eram suficientes para se obter as informações desejadas também era feita a leitura da introdução e metodologia. A partir da leitura dos trabalhos selecionados e da técnica da análise de conteúdo de Bardin (1977), categorizamos os trabalhos por área e abordagem metodológica, conforme o quadro 4.

Quadro 4 - Categorias e subcategorias elencadas a partir da análise de conteúdo de Bardin, com suas respectivas frequências

Categoria	Subcategorias	Frequência
Área - indica a qual assunto da Astronomia o trabalho está relacionado.	(a) Física (Leis de Kepler e Lei da Gravitação de Newton)	2
	(b) História da Astronomia	2
	(c) Astronomia de posição (medidas de distâncias, sistema Sol-Terra-Lua, dias e noites, fases da lua, eclipses e estações do ano)	7
	(d) Sistema Solar	3
	(e) Astrofísica (espectroscopia, diagrama H-R, evolução estelar, Radiação, Luminosidade, cor e temperatura)	8
	(f) Cosmologia (Formação do Universo, expansão do Universo, Lei de Hubble).	2
Abordagem metodológica - refere-se ao tipo de abordagem dos estudos selecionados, consideramos nessa categoria ainda os recursos didáticos utilizados.	(a) atividade didática implementada em sua aula com os alunos (sequência didática, unidade de ensino potencialmente significativa, unidade didática)	11
	(b) Atividade experimental	5
	(c) Jogos	1
	(d) Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC (software, hiperídia, laboratório remoto).	3

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir do quadro 4 é possível evidenciar que nos últimos cinco anos as dissertações têm se constituído de propostas para implementação no Ensino Médio em sua maioria sobre as temáticas: Astronomia de posição e Astrofísica. Assuntos relacionados à Astronomia de posição, como: medidas de distâncias, sistema Sol-Terra-Lua, dias e noites, fases da lua, eclipses e estações do ano, apareceram em 7 das 20 dissertações, o que totaliza 35% da amostra pesquisada. Já os assuntos

relacionados à espectroscopia, diagrama H-R, evolução estelar, radiação, luminosidade, cor e temperatura de uma estrela compuseram 8 (40%) dissertações.

Os assuntos relacionados a todas as outras subcategorias, Física, História da Astronomia, Sistema Solar e Cosmologia, foram trabalhados em 9 dissertações. É importante ressaltar que algumas dissertações apresentaram propostas constituídas por mais de um tema específico, ou seja, além de uma subcategoria.

Nossos resultados contrariam as ideias defendidas por Langhi e Nardi (2005), de que um dos conteúdos mais amplamente abordado em sala de aula da Educação Básica é o Sistema Solar. Talvez no Ensino Fundamental possa ser, mas no Ensino Médio percebemos uma tendência nas pesquisas para o tema Astrofísica, o que podemos dizer está em consonância com a proposta das Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio.

Ainda a partir do quadro 3, podemos destacar nossa segunda categoria, relacionada diretamente com a abordagem metodológica, refere-se ao tipo de abordagem dos estudos selecionados, consideramos nessa categoria ainda os recursos didáticos utilizados.

Tais abordagens metodológicas foram divididas em subcategorias e serão apresentadas a seguir:

(a) Atividade didática implementada em sua aula com os alunos:

Foram agrupadas nesta subcategoria onze trabalhos, que indicaram explicitamente que fariam uso de sequências ou unidades didáticas. Este encaminhamento constitui o planejamento das aulas apresentadas nos trabalhos de pesquisa. Moreira (2006) entende Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa.

Para Batista, Coneglian e Rocha (2018), uma sequência didática possui uma série de atividades devidamente planejadas e inter-relacionadas entre si, sustentada por uma teoria de aprendizagem que permita ao educando a construção dos saberes necessários para uma aprendizagem efetiva. De acordo com Siensen e Lorenzetti (2017), é a partir disso que potencialidades e limitações podem ser avaliadas, de modo que o estudo se torna, ao mesmo tempo, fonte de consulta e possibilidades para demais professores e de contribuições para a área em questão (ZABALA, 1998).

(b) Atividade experimental

A atividade experimental foi apresentada como elemento principal em cinco dissertações, constituindo-se como a segunda abordagem mais utilizada. Ressaltamos que quatro trabalhos fundamentaram suas propostas na produção de experimentos e um deles apenas na utilização do experimento já produzido. As Diretrizes de Física para a Educação Básica no Estado do Paraná ressaltam a importância das atividades experimentais para uma melhor compreensão sobre os fenômenos físicos (PARANÁ, 2008).

Alguns autores, como Gaspar (2003), Araújo (2003) e Batista (2009), sugerem a utilização de atividades experimentais, como forma de estimular o aluno, beneficiando sua aprendizagem, sendo, portanto, considerada uma ferramenta capaz de auxiliar na compreensão de conceitos, princípios e leis da Física.

Os resultados dessas pesquisas indicam maior envolvimento dos alunos com as atividades propostas, o que podemos dizer que é desejável para o processo de aprendizagem.

(c) Jogos

Apenas um trabalho dos vinte analisados utilizou o jogo como principal encaminhamento na dissertação, esse ressaltou principalmente a questão do ambiente de aprendizagem lúdico e a motivação do aluno durante a aula que envolveu os jogos. De acordo com Pereira e Batista (2017), a utilização de jogos educacionais no ensino e divulgação da Astronomia constitui-se como um campo potencialmente rico para o estudo dos conteúdos relacionados. Ainda de acordo com os autores, ao se interessar mais pelo conteúdo, eles podem sentir-se mais motivados também durante as aulas com viés mais tradicionais, o que pode aumentar seu desempenho na disciplina.

Segundo Batista e Pereira (2014), não se pode garantir a aprendizagem dos alunos apenas a partir das aulas envolvendo jogos, entretanto, é perceptível que a utilização do jogo durante as aulas aumenta ou até mesmo resgata o interesse dos alunos pela Astronomia.

(d) Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC

Nessa subcategoria encontramos três trabalhos, e cada um destes indicava uma diferente perspectiva.

O primeiro propôs a utilização de um software como principal encaminhamento metodológico. Para Vieira, Paganotti e Voelzke (2016), é mais interessante para os alunos observarem os corpos celestes e fenômenos astronômicos através de um

software de simulação, como o *Stellarium*, do que apenas observar figuras e textos em livros didáticos. Ainda de acordo com autores supra citados a utilização do software durante as aulas facilitou o entendimento dos fenômenos abordados.

O segundo trabalho utilizou uma hipermídia durante as aulas. Fagundes (2014) salienta em seu trabalho que na percepção dos alunos, a hipermídia auxilia na aprendizagem do fenômeno e ressalta ainda que as características instrucionais do material contribuíram efetivamente para os bons resultados obtidos em sua pesquisa.

Já o terceiro trata da utilização do laboratório remoto no ensino de Astronomia, esse pode ser muito útil visto que muitas instituições de ensino não contam com um laboratório devidamente equipado para o estudo da Física/Astronomia. No entanto, Luciano e Fusinato (2018) alertam que um laboratório de acesso remoto sem a devida orientação metodológica não trará garantia de resultados favoráveis ao aprendizado.

Os resultados encontrados por Luciano e Fusinato (2018) nos revelaram que uma intervenção experimental, conciliada com a proposta educacional bem estruturada, produz efeitos positivos na aprendizagem dos conteúdos trabalhados, posicionando o laboratório de acesso remoto como um elemento facilitador para o ensino de física.

Todos os trabalhos analisados nesse artigo enfatizam, independente do encaminhamento metodológico utilizado, um maior interesse do aluno pelas aulas de Física/Astronomia, ou seja, os alunos sinalizaram uma maior motivação para o estudo da disciplina, e entendemos isso como ponto de partida para a aprendizagem dos conteúdos conceituais, visto que o processo de ensino e aprendizagem é uma via de mão dupla.

Todos os recursos citados indicam ainda que as atividades propostas nas dissertações superaram, em princípio, as práticas tradicionais em sala de aula, uma vez que há a procura de mais de uma estratégia de ensino, simultaneamente, bem como a articulação destas com as aulas nas sequências didáticas, cursos e oficinas propostas.

Os resultados encontrados nesta pesquisa evidenciam que não há um crescimento linear no número de trabalhos ao longo dos últimos cinco anos e que os conteúdos de Astronomia podem contribuir para o ensino de Física de uma forma interdisciplinar, pois trabalhar assuntos interligados a outras disciplinas, resgata o interesse dos alunos em estudar e possibilitam uma aprendizagem efetiva para o

aluno, fugindo da proposta tradicional dos livros didáticos com conteúdo fragmentados, que não se correlacionam.

Outro ponto relevante que podemos ressaltar com os resultados encontrados, é que independente do encaminhamento metodológico utilizado, existe um grande interesse do aluno pelas aulas de Astronomia, ou seja, os alunos sinalizaram uma maior motivação para o estudo da disciplina de Física quando a mesma tratava de assuntos ligados a Astronomia, e, entendemos isso como ponto de partida para a aprendizagem dos conteúdos conceituais, visto que o processo de ensino e aprendizagem é uma via de mão dupla.

Entendemos que esta pesquisa foi fundamental para que pudéssemos identificar os conteúdos de Astronomia que realmente estão presentes nos trabalhos de Pós-graduação implementados na Educação Básica, mais precisamente no Ensino Médio. Os dados constituídos nessa investigação foram balizadores para a construção da nossa proposta de trabalho apresentada como produto educacional.

2.4 A importância da interdisciplinaridade no ensino de Astronomia

A interdisciplinaridade vem se destacando cada vez mais no cenário da educação, visto que pelo fato de estar associado à busca de uma aprendizagem mais significativa. No Brasil, esse termo ficou conhecido no final da década de 1960, com objetivo de integrar o ensino entre as áreas do conhecimento.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, a interdisciplinaridade deve ir além da junção de disciplinas, ou seja, é necessário que haja uma conexão entre as disciplinas do currículo, facilitando a aprendizagem por parte do aluno (BRASIL, 2000).

De acordo com os PCNEM, os objetivos propostos da interdisciplinaridade é estabelecer relações com as disciplinas em projetos ou atividades, de modo que seja uma prática pedagógica que contribua de forma didática para a Educação Básica (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, Lück (2001) ressalta que:

Interdisciplinaridade é o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de

que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo e serem capazes de enfrentar os problemas complexos, amplos e globais da realidade atual (LÜCK 2001, p. 64).

Em decorrência do anseio por essa nova abordagem no ensino não só se faz importante conhecer as diversas visões sobre o conceito de interdisciplinaridade, como também compreender a diferença entre as abordagens multidisciplinar, pluridisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar, como forma de demonstrar a relevância, complexidade, variação e interação entre as distintas disciplinas presentes no currículo escolar, pois, tais abordagens tem causado muita confusão no ambiente escolar, principalmente entre educadores que vieram de uma formação tradicional (BATISTA, CONEGLIAN e ROCHA 2018).

Santomé (1998) conceitua alguns termos:

a) Multidisciplinar – É um modelo fragmentado, cujo estudo acontece de maneira simultânea, os conteúdos são apresentados para os alunos sem que apareça alguma relação ou cooperação entre eles, sem a necessidade de estarem relacionadas entre si.

b) Pluridisciplinar – É quando se aproxima disciplinas parecidas nos domínios do conhecimento, formando-se áreas de estudo com menor fragmentação;

c) Interdisciplinar - Visa o agrupamento de diversos ramos do conhecimento, seguindo um objetivo em comum, buscando a integração do conhecimento significativo. Acontece por meio de projetos contextualizados que propõem mudanças de paradigmas conceituais principalmente nas aulas dialogadas, na forma de pensar e o agir do fazer pedagógico.

d) Transdisciplinar - quando há coordenação de todas as disciplinas num sistema lógico de conhecimentos, com livre trânsito de um campo de saber para outro, porém não é possível separar as matérias.

Segundo Batista, Coneglian e Rocha (2018), nos documentos que regem a educação brasileira, pode-se verificar fortemente a presença da interdisciplinaridade, que de forma geral pode ser entendida como um princípio curricular central, ou seja, é o princípio que pode produzir uma mudança na forma como o ensino acontece. É importante que se entenda que quando se fala em interdisciplinaridade na escola, não existe a intenção de se criar um novo saber a fim de ser incorporado no currículo, mas sim, de utilizar os conhecimentos das diferentes áreas para se compreender um assunto ou fenômeno sob diferentes perspectivas.

Na abordagem histórica da interdisciplinaridade, segundo Santomé (1998), a prática pedagógica do professor quando se dá via interdisciplinaridade, favorece ao aluno novas experiências voltadas as práticas cotidianas articuladas com a realidade social, presentes na escola, comunidade e principalmente no meio ambiente.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a Educação Básica (BRASIL, 2013):

[...] a escola precisa acolher diferentes saberes, diferentes manifestações culturais e diferentes óticas, empenhar-se para construir, ao mesmo tempo, um espaço de heterogeneidade e pluralidade, situada na diversidade em movimento, no processo tornado possível por meio das relações intersubjetivas, fundamentada no princípio emancipador. Cabe, nesse sentido, às escolas, desempenhar o papel socioeducativo, artístico, cultural, ambiental, fundamentadas no pressuposto do respeito e da valorização das diferenças, entre outras, de condição física, sensorial e socioemocional, origem, etnia, gênero, classe social, contexto sociocultural, que dão sentido às ações educativas, enriquecendo-as visando a superação das desigualdades de natureza sociocultural e socioeconômica (BRASIL, 2013, p.27).

A concepção de interdisciplinaridade presente nessas diretrizes indica um entendimento de escola interdisciplinar, em que todos âmbitos e profissionais trabalhem cooperativamente e em conjunto para o desenvolvimento de uma prática não fragmentada.

Para Batista, Coneglian e Rocha (2018), a interdisciplinaridade torna a aula mais dinâmica, buscando modificar o processo tradicional de ensino a fim de despertar no aluno a predisposição para aprender, sempre se utilizando de meios para relacionar o seu conhecimento prévio, da sala de aula ou cotidiano, com os novos conceitos apresentados pelo professor, e principalmente buscando compreender como as diferentes áreas do conhecimento.

Diante desse contexto destacamos também que o estudo de Astronomia é algo que desperta a curiosidade das pessoas em relação as novas descobertas sobre a dimensão do Universo e à origem da vida humana.

Nesse sentido, Bernardes, Iachel e Scalvi (2008) afirmam que a Astronomia é uma ciência capaz de despertar a curiosidade dos alunos, pois esta é uma disciplina que abrange diversas áreas e por isso vale a pena interdisciplinar as matérias do currículo escolar a fim de auxiliar os alunos a assimilarem os conteúdos entre elas.

Diante desse contexto as habilidades dos alunos podem ser exploradas utilizando o tema Astronomia de um modo criativo, promovendo a interdisciplinaridade na escola e ensinando Matemática, Física, Química, Filosofia, História, Sociologia e Geografia dentro de contextos significativos, relacionando a ciência ao conhecimento científico.

2.5 A proposta da sala de aula invertida como encaminhamento metodológico

Em geral o processo de ensino acontece de forma tradicional, que geralmente seguem o modelo da instituição de ensino, com o simples propósito de repassar o conteúdo, colocando os estudantes como mero receptor.

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos, o cenário da educação ainda é pautado no modelo tradicional. Esse modelo de ensino não tem atendido mais as necessidades educacionais e formativas dos alunos, havendo a necessidade de buscar caminhos alternativos que torne o aprender ativo, interessante e contextualizado (DAROS, 2018).

Diante desse cenário, Daros (2018) ressalta que devemos criar condições de uma participação mais ativa dos alunos, pois isso implica a mudança de prática e o desenvolvimento de estratégias que garantam a organização de um aprendizado mais interativo e intimamente ligado com situações reais. É necessário deslocar o centro do aprendizado para o aluno, de modo que ele assuma o protagonismo da aquisição de seus conhecimentos.

A partir disso, Valente (2018) diz que:

Após mais de 100 anos, os processos de ensino e aprendizagem estão cada vez mais tendendo para o uso de metodologias ativas, em vista da quantidade de informação hoje disponível nos meios digitais e das facilidades que as tecnologias oferecem na implantação de pedagogias alternativas. Com isso, está ficando cada vez mais claro que a função do professor como transmissor de informação não faz mais sentido, especialmente nos cursos de graduação (VALENTE, 2018, p. 28).

Neste sentido, as metodologias ativas são consideradas alternativas aliadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em qualquer nível de ensino. Quando nos referimos a elas entende-se que estamos abordando um novo conjunto de estratégias que auxiliam no processo de ensino aprendizagem (GOMES, 2020).

Essas abordagens descritas apresentam elementos que nos remete a pensar em um aprendizado que envolva a participação dos alunos. Para isso Filatro e Cavalcanti (2018) caracterizam as metodologias ativas, como:

[...] estratégias, técnicas, abordagens e perspectivas de aprendizagem individual e colaborativa que envolvem e engajam os estudantes no desenvolvimento de projetos e/ou atividades práticas. Nos contextos em que são adotadas, o aprendiz é visto como um sujeito ativo, que deve participar de forma intensa de seu processo de aprendizagem (mediado ou não por tecnologia), enquanto reflete sobre aquilo que está fazendo (FILATRO; CAVALCANTI, 2018, p. 12).

Para que as metodologias ativas proporcionam um aprendizado é preciso que os alunos apoiem a proposta, comprometendo-se com o desafio. Para tanto, antes de iniciar a proposta é essencial que o professor/mediador explique o funcionamento do método, orientando a forma de como vai acontecer e o tempo que isso levará (MATTAR, 2017).

Dentre as diversas formas de metodologias ativas de aprendizagem, iremos destacar a Sala de Aula Invertida (SAI), proposta intitulada "*Flipped Classroom*" sendo uma abordagem de ensino remoto intencional inicialmente criada a fim de diminuir a evasão escolar em uma escola rural nos Estados Unidos.

A abordagem por meio de metodologias ativas, como a metodologia da Sala de Aula Invertida representa um grande desafio para todos os níveis de ensino, principalmente na Educação Básica.

A sala de aula invertida é um tipo de metodologia ativa que inverte a lógica tradicional de ensino, é um modelo no qual ocorre a rotação entre a prática supervisionada presencial pelo professor (ou trabalhos) na escola e a residência ou outra localidade fora da escola para aplicação do conteúdo e lições online (CASTRO; CASTILHO, 2020).

O uso da Sala de Aula Invertida com a associação das tecnologias é uma das abordagens que pode levar a uma aprendizagem significativa, baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA, 2012).

Segundo Moreira (2012), a teoria da Aprendizagem Significativa foi criada por David Paul Ausubel em meados dos anos 60, esta acontece quando o aprendiz consegue significar os conceitos que estão sendo aprendidos, levando em consideração os atributos pessoais. Sendo assim, uma aprendizagem que não leva

em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, não pode ser considerada aprendizagem significativa, e sim mecânica, que é aquela em que os conceitos aprendidos não interagem com os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva.

Deste modo, o desenvolvimento da estratégia da sala de aula invertida pode potencializar o aprendizado dos alunos, ainda mais se trabalhar esse modelo na forma interdisciplinar como estratégia de aprendizagem.

Segundo Araújo *et al.* (2017), na Sala de Aula Invertida os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala através de atividades prévias às aulas. Isso pode ser feito em casa, por exemplo, por meio de leituras, visualização de vídeos indicados pelo professor e algumas questões sobre o conteúdo tratado nesses recursos. Ao “inverter” a aula, ou seja, centrar o ensino nos alunos e ressignificar o papel do professor para além da transmissão de informações, a SAI estimula a participação dos alunos, e ainda, melhora o relacionamento entre professor e aluno. O conteúdo passa a ter um significado para a vida dos alunos, eles conseguem fazer a relação entre a teoria e a prática, ou seja, o que eles vivenciam no cotidiano com o que aprendem na sala.

Para Confortin, Ignácio e Costa (2018), não existe um modelo único para aplicação da Sala de Aula Invertida e cada professor terá sua maneira distinta de aplicar a SAI de acordo com recursos e características próprias das suas escolas e alunos. Portanto, cabe ao docente adequar às características de cada turma e/ou conteúdo a ser ensinado.

Valente (2018), diz que ao planejar as atividades para sala de aula invertida, o mais importante é o professor explicitar os objetivos a serem atingidos com sua disciplina, propor atividades que sejam coerentes e que auxiliarão os alunos no processo de construção do conhecimento.

Para tanto, o material disponibilizado pelo professor aos alunos pode ser composto, por exemplo, de um texto a ser lido, apresentação de slides e vídeos que referenciem o conteúdo que será ministrado nas próximas aulas. O material didático deve introduzir o aluno aos conceitos que serão posteriormente comentados e aprofundados em sala de aula. É essencial que, ao optar pela escolha de vídeos, estes tenham duração de no máximo 10 minutos, que sejam objetivos e diretos a fim de prender atenção e interesse do aluno (CONFORTIN, IGNÁCIO e COSTA, 2018).

Conforme Bergmann e Sams (2018), professor e aluno trabalham juntos na construção e elaboração do conhecimento. O papel do professor na sala de aula

invertida é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações. Os alunos ocupam posição central, e o professor passa a se importar menos sobre como vai expor determinado conteúdo, e mais a respeito das atividades que serão desenvolvidas pelos estudantes para construir seus conhecimentos.

Nessa abordagem o aluno estuda antes da aula e a aula se torna o lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas (BERGMANN E SAMS, 2018).

O professor trabalha as dificuldades dos alunos, ao invés de apresentações sobre o conteúdo da disciplina, favorecendo a capacidade de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e a situações vivenciadas no dia a dia.

2.6 O ensino e a aprendizagem a partir do pensamento de Gagné

Segundo Moreira (1999), a teoria de ensino e aprendizagem de Gagné pode ser classificada como uma transição entre as teorias behavioristas e cognitivistas, uma vez que incorpora elementos das duas teorias.

De acordo com esse autor, a aprendizagem é uma modificação na disposição ou na capacidade cognitiva do homem que não pode ser simplesmente atribuída ao processo de crescimento.

Para Ostermann e Cavalcanti (2011), a aprendizagem é ativada pela estimulação do ambiente exterior (*input*) e provoca uma modificação do comportamento que é observada como desempenho humano (*output*). Mas, ao contrário de Skinner (e outros behavioristas), Gagné se preocupa com o processo de aprendizagem, com o que se realiza “dentro da cabeça” do indivíduo.

Com isso, ele distingue entre eventos externos e internos da aprendizagem, sendo o primeiro a estimulação que atinge o estudante e os produtos que resultam de sua resposta e o último são atividades internas que ocorrem no sistema nervoso central do estudante (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Os eventos internos compõem o ato de aprendizagem e a série típica desses eventos pode ser analisada por meio das seguintes fases: fase de motivação (expectativa), fase de apreensão (atenção; percepção seletiva), fase de aquisição (entrada de armazenamento), fase de retenção (armazenamento na memória), fase de rememoração (recuperação), fase de generalização (transferência), fase de desempenho (resposta) e fase de retroalimentação (reforço).

De acordo Gagné (1975), a aprendizagem estabelece estados persistentes no aprendiz, os quais ele chama de capacidades humanas (que são: informação verbal, habilidades intelectuais, estratégias cognitivas, atitudes e habilidades motoras).

Para Gagné (1975), a aprendizagem passa por processos atingidos por meio de eventos de aprendizagem que, quando estimulados externamente, travam um conflito interno não observável, porém validados por meio da mudança de comportamento que por sua vez pode ser verificado.

Segundo Gagné (1975), a aprendizagem é uma força interior que, por sua vez, tenta integrar conceitos básicos das teorias cognitivas e comportamentais. Isso quer dizer que, de acordo com essa teoria, existem diferentes níveis de aprendizado. Este diz que o aprendizado pode ser organizado em hierarquias, que variam conforme a complexidade.

. Neste contexto, Bordenave e Pereira (2006), alegam que embora tenha adotado uma teoria mais cognitivista, Gagné ainda mantinha uma relação entre aprendizagem e comportamento, na qual insistia em comprovar a aprendizagem mediante a resposta ao ato ensinado, avaliando a eficácia do comportamento dado como aprendizagem.

Na perspectiva gagniana, a aprendizagem ocorre dentro de cada um, “dentro do cérebro de cada pessoa”. Moreira (1999), discorrendo sobre Gagné, afirma o processamento da informação procura a todo ciclo de aprendizagem buscar indícios de conceitos anteriormente adquiridos (conhecimentos prévios), não estabelecendo um processo cumulativo de conhecimento, mas sim complementar e aprimorado.

A função de ensinar, para Gagné, é organizar as condições exteriores próprias à aprendizagem com a finalidade de ativar as condições internas. Nesse sentido, cabe ao professor promover a aprendizagem por meio da instrução que consistiria em um conjunto de eventos externos planejados com o propósito de iniciar, ativar e manter a aprendizagem do aluno.

Na teoria de Gagné, segundo Moreira (1999), as habilidades mais simples que representam os “pré-requisitos imediatos” podem ser analisadas para identificar habilidades ainda mais simples, o que aponta serem tais habilidades hierarquizadas.

Com relação à instrução e ao papel do professor, por se tratar de uma teoria que prevê mudança comportamental persistente, a fase da aprendizagem existe de um ou mais processos internos, no sistema nervoso central do aluno, que transformam a informação até que o aprendiz responda com um desempenho. Tais processos

internos podem ser influenciados por eventos externos, por estimulação do ambiente do indivíduo.

Nessa perspectiva, a instrução é atividade de planejamento e execução de eventos externos à aprendizagem, com a finalidade de influenciar os processos internos para atingir determinados objetivos. Os objetivos são as capacidades a ser aprendidas. Segundo Gagné:

A compreensão de que a aprendizagem depende, em grande parte, dos acontecimentos que se realizam no ambiente com o qual o indivíduo interage, torna possível encará-la como uma ocorrência que pode ser examinada mais de perto e compreendida mais profundamente. Aprendizagem não é apenas o fato que se dá naturalmente, é, também, um acontecimento que ocorre sob determinadas condições que podem ser observadas (GAGNÉ, 1975, p. 02).

Logo, cabe ao docente a tarefa de promover a aprendizagem por meio da instrução, planejando-a, administrando-a e avaliando-a quanto à sua eficácia por meio da avaliação da aprendizagem do aluno.

As fases determinadas por Gagné servem como norte para professores. São fases baseadas nos estímulos necessários para o cérebro reter seja qual for a informação, começando com "chamar a atenção dos ouvintes", passando pela apresentação dos objetivos e promoção da prática, até a retenção e possibilidade de transferência do conhecimento.

Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné (1975) propôs que em qualquer processo de aprendizagem, esteja presente uma sequência de nove eventos de instrução, divididos em três categorias (preparação, desempenho e transferência de conhecimento), que servem de guia para o trabalho.

Categoria 1: Preparação

Evento 1: *Ganhar a Atenção*: O primeiro evento instrucional proposto por Gagné destaca a necessidade de ganhar a atenção do aluno, de modo a despertá-lo para a importância de aprender sobre determinado conteúdo. Por exemplo: fazendo uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse, colocando um problema que desperte o interesse imediato do aluno.

Evento 2: *Descrever os objetivos*: Mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento. Conhecendo essa necessidade humana de

saber o porquê dos fatos, Gagné inclui um momento para explicitar o objetivo e utilidade do objeto de estudo que será aprendido na aula. Esse objetivo deve estar exposto permanentemente durante a aula, para o caso de os alunos perderem o foco e precisarem ser redirecionados ao propósito do aprendizado.

Evento 3: *Estimular a conexão com o conhecimento anterior*: Estimular a memória e as anteriores aprendizagens (pré-requisitos). Para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções básicas dos conteúdos a serem trabalhados.

Categoria 2: Desempenho

Evento 4: *Apresentar o material a ser aprendido*: Por meio de simulações, demonstrações, aula expositiva, dialogada, entre outras.

Evento 5: *Orientar a aprendizagem*: O quinto evento busca proporcionar ao aluno orientação para a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os estudantes a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a codificação semântica (verbalização). Esse evento é importante ter como subsídio algumas questões norteadoras, que permite aos alunos um trabalho em grupo e com um enfoque investigativo, possibilitando um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1980), poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Evento 6: *Propiciar desempenho*: O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem por meio do estímulo à memorização, às aplicações, resumos e generalizações.

Evento 7. *Dar feedback*: Informar, de forma imediata, se o estudante aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados que seriam uma espécie de devolutiva ou de avaliação do aluno acerca do seu desempenho nas diferentes atividades da aplicação, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem.

Categoria 3: Transferência de Conhecimento

8. *Avaliar o desempenho*: O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, existem diferentes formas de avaliação, em atenção à necessidade de

diversificação, de modo a possibilitar que os alunos possam exercitar seus conhecimentos em tarefas distintas e com objetivos igualmente diferenciados.

9. **Generalização**: O novo e último evento instrucional refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido, atuando em diferentes contextos de prática. Assim é possível aumentar a retenção e facilitar a transferência do conhecimento e aplicação do conhecimento a outras situações que não aquelas vistas no processo de aprendizagem.

A aprendizagem de fato acontece sempre precedida de eventos de aprendizagem que ajudarão nesse processo. Segundo Gagné (1975), tal ato de aprendizagem pode ser dividido em sete fases e as mesmas relacionadas com os processos envolvidos, 1. motivação, 2. apreensão, 3. aquisição, 4. retenção, 5. rememoração, 6. Generalização/desempenho e 7. retroalimentação.

A **motivação** gera a expectativa e o aluno pensa na recompensa que obterá se tiver sucesso.

A **apreensão** requer atenção e o aluno deve estar de fato atento a todos os estímulos do meio para que o processo de aprendizagem tenha foco. O aluno deve ser capaz de distinguir e discriminar os diversos estímulos externos.

A **aquisição** segundo Gagné é elemento essencial da aprendizagem. Conceitos recém observados entram na memória recente para serem no futuro transformados em conceitos persistentes. O processo envolvido é o da codificação que nada mais é que uma maneira de interpretar os estímulos do meio e transformá-los em algo de fácil entendimento.

A **retenção** é a fase em que os conceitos são alterados da memória recente para a memória de longa duração.

A **rememoração** surge quando o que foi aprendido precisa ser transformado em uma mudança comportamental persistente para que no futuro possa ser caracterizada como aprendizagem, para tal transformação ocorre a recuperação do que foi armazenado no processo anterior.

A **generalização** é quando o indivíduo passa a aplicar os conceitos que foram aprendidos em contextos completamente diferentes daquele contexto inicial.

O **desempenho** é a resposta dada do estudante aos processos anteriores e, se torna capaz por conta de o ato da aprendizagem estar seguindo um caminho coerente.

A **retroalimentação** nada mais é que um feedback dado pelo aluno sobre o processo da aprendizagem por completo, ficando evidenciado pelo professor a mudança comportamental no aluno.

Nesse sentido, o resultado da aprendizagem segundo Gagné (1975), deve ser entendido como um conjunto de mudanças significativas e duradouras no aprendiz. Pode-se então separar os resultados em cinco possíveis situações: informação verbal, habilidades intelectuais, estratégias cognitivas, atitudes e habilidades motoras. Dentre as cinco possibilidades a que trata das habilidades intelectuais é a mais importante delas.

Informação verbal: O aprendiz é capaz de se expressar utilizando as palavras ou sentenças completas, ou seja, ele utiliza bem as palavras para ser compreendido.

Estratégias cognitivas: São situações internas do aprendiz que guiam as suas situações de aprendizagem.

Atitudes: São capacidades aprendidas e por algumas vezes estão relacionadas com a capacidade afetiva do indivíduo. Atitudes também estão diretamente relacionadas com o gosto pessoal do aprendiz.

Habilidades motoras: O aprendiz desenvolve habilidades motoras por conta de situações do cotidiano, como dirigir um carro, executar um trabalho, digitar rapidamente em um teclado. Quanto mais se desenvolve as habilidades motoras mais suaves e finas é o trato que o aprendiz tem com as coisas.

Habilidades intelectuais: Um comparativo entre o comum e a informação. De acordo com os estudos de Gagné as habilidades intelectuais podem ser separadas em muitos tipos distintos de acordo com o grau de complexidade de uma dessas habilidades, porém, mesmo essas habilidades sendo previamente separadas por conta de suas complexidades, elas ainda assim são interligadas pelo simples motivo de que para se ter uma habilidade mais complexa é necessário antes adquirir habilidades mais simples.

Na busca por caracterizar as situações de aprendizagem o autor apresenta oito tipos de aprendizagem distribuídos hierarquicamente, de acordo com o quadro 5.

Quadro 5 - Descrição dos tipos de aprendizagem de acordo com Gagné

	Tipo de aprendizagem	Descrição
1	Aprendizagem de sinais	Tipo involuntário de comportamento que pode ser prontamente adquirido em conexão com determinado sinal. Caracteriza-se por respostas gerais, difusas e emocionais.

		É o conjunto de condições apropriadas para o estabelecimento de uma resposta condicionada.
2	Aprendizagem estímulo-resposta	Compreende a execução de movimentos musculares muito preciosos e a resposta a estímulo ou combinações de estímulos muito específicos – “respostas voluntárias”.
3	Aprendizagem por encadeamento motor (ou em cadeia)	Envolve uma determinada sequência ou ordem de ações. Cada ato isolado da cadeia, é algo que já foi aprendido. A questão é fazê-lo convenientemente. Uma cadeia não pode ser aprendida sem que o indivíduo seja capaz de executar cada elo separadamente.
4	Aprendizagem de associações verbais	Refere-se à aprendizagem de associação entre pares de palavras ou sílabas, como também a aprendizagem de sequências verbais mais longas.
5	Aprendizagem de discriminações múltiplas	O indivíduo aprende a dar diferentes respostas identificadoras em relação a diferentes estímulos que, no entanto, devem-se assemelhar fisicamente em maior ou menor número. Relaciona-se, essencialmente, ao estabelecimento de um certo número de cadeias diferentes.
6	Aprendizagem de conceitos	A pessoa que aprende adquire a capacidade de dar uma resposta comum a uma classe de estímulos que podem diferir uns dos outros, de maneira mais profunda, quanto à aparência física. Assim, ele se torna capaz de dar uma resposta que identifica toda uma classe de objetos ou fatos. Aprender um conceito significa aprender a responder a estímulos em termos de propriedades abstratas, tais como: forma, cor, número etc.
7	Aprendizagem de princípios (ou regras)	Princípios são cadeias de conceitos que constituem o que geralmente se denomina conhecimento. A aprendizagem de princípios significa a apreensão de todas as relações possíveis entre os conceitos.
8	Aprendizagem de resolução de problemas	A resolução de problemas é um tipo de aprendizagem que requer elementos internos habitualmente chamados de pensamentos. Dois ou mais princípios anteriormente adquiridos são combinados de maneira a formar uma nova capacidade.

Fonte: Autoria própria (2021)

Assim, para cada aquisição de conhecimento um ou mais processos internos são executados, porém, tais processos internos podem ser estimulados por processos externos, como influência do meio, ajuda dos livros, de vídeos, de simulações, atividades práticas e o principal nesse processo é a participação do professor. Esse conjunto de estímulos externos é definido como instrução e cabe ao professor atuar no processo de aprendizagem do indivíduo exatamente com esse item, a instrução, para que o aluno possa enfim ter um aprendizado consistente e duradouro (GAGNÉ, 1975).

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

3.1 Caracterização do trabalho

Nosso trabalho está alicerçado nos pressupostos da pesquisa qualitativa. Na abordagem qualitativa, de acordo com Minayo (2003) há uma inter-relação entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números, apenas a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são consideradas nesse processo. O mesmo, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas.

Lüdke e André (1996) discutem o conceito de pesquisa qualitativa apresentando cinco características básicas que configurariam esse tipo de estudo.

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o professor-pesquisador como seu principal instrumento.
2. Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrição de pessoas, situações, acontecimentos.
3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do professor-pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.
4. O “significado” que as pessoas dão as coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo professor-pesquisador. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a “perspectiva dos participantes”, isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas.
5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os professor-pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos (LÜDKE; ANDRÉ, 1996, p.12).

Na investigação qualitativa temos: as palavras, o ponto de vista dos participantes, o investigador próximo, as teorias que emergem do processo, a compreensão do contexto, os dados ricos e profundos, o micro, os significados, a conjuntura natural. Costumam-se considerar técnicas qualitativas todas aquelas diferentes à pesquisa estatística e ao experimento científico. Isto é, entrevistas abertas, grupos de discussão ou técnicas de observação de participantes (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Nossa pesquisa qualitativa será exploratória, tendo em vista que a coleta de dados será de forma empírica e realizada em grande parte, por meio de observação direta (QUIVY; CAMPENHOUDT, 1988).

Na busca de ações concretas que pudessem proporcionar transformações e mudanças de comportamento, optou-se pela inserção da pesquisa-ação, que segundo Thiollent (2007, p. 22) é:

um grande desafio metodológico consiste em fundamentar a inserção da pesquisa-ação dentro de uma perspectiva de investigação científica, concebida de modo aberto e na qual “ciência” não seja sinônimo de “positivismo”, “funcionalismo” ou de outros “rótulos”.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a pesquisa – ação pode ser definida como uma intervenção em pequena escala no mundo real e um exame muito de perto dos efeitos dessa intervenção. Podemos dizer ainda que em nossos estudos, a pesquisa ação é situacional, pois está preocupada com o diagnóstico do problema em um determinado contexto específico para tentar resolvê-lo nesse contexto.

Podemos então dizer que nossa pesquisa é uma pesquisa aplicada do tipo translacional, pois visa descrever com detalhes as situações de ensino e aprendizagens implementadas em sala a partir da constituição de um produto educacional.

Os dados para a realização da pesquisa foram coletados no segundo semestre do ano de 2020, com um grupo de 10 alunos, sendo 5 meninas e 5 meninos, que estudavam no terceiro ano do Ensino Médio em uma instituição da rede pública de ensino – Colégio Estadual Alberto Santos Dumont da cidade de Campina da Lagoa, região centro-oeste do Estado do Paraná.

A implementação da proposta se deu durante o período de pandemia no Brasil (devido a proliferação do vírus causador da COVID-19), começou na data de 23/07/2020 e foi finalizado em 23/09/2020. Devido ao distanciamento social as instituições de ensino estavam fisicamente fechadas, porém as aulas estavam acontecendo normalmente via remota. Dessa forma, toda a proposta foi construída a partir da perspectiva metodológica da sala de aula invertida, na qual os alunos sempre teriam de maneira assíncrona um texto para ler ou um vídeo para assistir, e de maneira síncrona as aulas expositivas dialogadas que sempre contaram com a participação de dois ou mais professores e de diferentes áreas do conhecimento, tais

como: Física, Química, Matemática, Filosofia, História, Sociologia e Geografia dentro de contextos significativos, visto que a proposta apresenta um caráter interdisciplinar.

Nosso trabalho está dividido em seis módulos, com o equivalente a treze aulas de 45 minutos sempre no contra turno das atividades regulares. Os alunos escolheram o horário que queriam para a realização dos encontros síncronos, tais encontros ocorreram sempre as quintas-feiras no período noturno das 21h às 22h30.

Para a constituição dos dados utilizamos como instrumentos: 1. questionários, no início e no fim da implementação da proposta a fim de recolher informações sobre os conteúdos conceituais relacionados a temática da proposta; 2. documentos produzidos pelos alunos ao longo da implementação; 3. diário de campo da pesquisadora, no qual foi registrado as impressões da mesma sobre a participação dos alunos nos encontros síncronos e 4. mapa mental, com o intuito de verificar quais relações os alunos estabeleceram sobre o tema abordado.

A análise do material coletado se deu de acordo com os pressupostos de Robert K. Yin (2016). O referido autor sugere a adoção de cinco fases para a análise dos dados qualitativos, são elas: compilação; decomposição; recomposição; interpretação e conclusão.

A fase da compilação de acordo com Yin (2016), exige uma organização cuidadosa e metódica dos dados originais, pois de acordo com ele "*dados mais organizados levarão a análises mais robustas e fundamentalmente a uma pesquisa qualitativa mais rigorosa*" (YIN, 2016, p. 163).

A segunda etapa requer:

[...] decompor os dados compilados em fragmentos ou elementos menores, o que pode ser considerado um procedimento de decomposição. O procedimento pode (mas não precisa) ser acompanhado por uma atribuição de novos rótulos ou "códigos", aos fragmentos ou elementos (YIN, 2016, p. 159).

Na terceira etapa, denominada recomposição, faz-se necessário o pesquisador interrogar a si mesmo e questionar seus dados buscando encontrar diferentes arranjos e combinações oriundas das informações obtidas, que lhe possam permitir uma maior visibilidade e compreensão analítica.

A quarta fase refere-se à interpretação dos dados que foram recompostos na etapa anterior. Nesta etapa segundo Yin (2016), é o momento em que o pesquisador

por meio de sua habilidade interpretativa cria uma narrativa com tabelas e gráficos quando pertinentes, que se tornarão a parte analítica fundamental.

Por fim, a quinta e última fase refere-se a conclusão, momento em que se busca extrair uma compreensão completa sobre a pesquisa.

3.2 Proposta de ensino apresentada como produto educacional

O trabalho visa apresentar uma proposta interdisciplinar, na qual poderá ser explorados conteúdos de Física, Astronomia, Astronáutica, Geografia, História, Sociologia e Filosofia.

A proposta foi implementada em seis módulos. Para tal foi organizada uma sala de aula online no Google Sala de Aula, com o intuito de disponibilizar os materiais para leitura, os vídeos, as atividades para eles responderem, os roteiros de estudos e as avaliações. No quadro 6 encontra-se a organização de cada módulo da proposta.

Quadro 6 - Organização dos Módulos

<p>MÓDULO 1 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>DISCUSSÃO E ANÁLISE DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar um questionário inicial que servirá de coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios dos alunos (Assíncrona), apêndice C. • Cada aluno deverá assistir ao filme disponibilizado na plataforma online (Atividade Assíncrona). • Os alunos discutem o filme “Estrelas além do tempo” e o professor promove junto com outros professores um debate de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona). • Trabalhar com uma questão norteadora para chamar a atenção: Questões utilizadas: <ol style="list-style-type: none"> 1. “Vocês acreditam que o homem pisou na lua?” 2. Se a lua é atraída pela Terra, por que ela não cai na Terra? (Atividade Síncrona) • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 2 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>CORRIDA ESPACIAL: GUERRA FRIA E CHEGADA DO HOMEM NA LUA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir ao vídeo (canal nostalgia) disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a corrida espacial que tratam de temas da chegada do

	<p>homem à lua, disputa tecnológica, Guerra Fria e 2º Guerra Mundial (Atividade Assíncrona).</p> <ul style="list-style-type: none"> • O professor de Física promove junto com os professores de História, Geografia e Filosofia um debate para trazer argumentos científicos de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 3 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS FOGUETES: LEIS DE NEWTON</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir os vídeos disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre as leis de Newton (Atividade Assíncrona). • Discussão coletiva dos vídeos para identificar as três leis de Newton em situações reais e analisar como as leis estão relacionadas com o lançamento de um foguete. Nesse momento o professor deverá realizar uma discussão sobre as leis de Newton analisando as situações do cotidiano, bem como o funcionamento do foguete (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 4 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>HISTÓRIA DA ASTRONOMIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir ao vídeo disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a história da Astronomia (Atividade Assíncrona). • Discussão coletiva do vídeo para compreender os desdobramentos históricos da Astronomia. O principal objetivo deste módulo é dar condições para que os alunos compreendam o que foi a revolução científica, entendendo a passagem de um sistema de mundo geocêntrico para um sistema de mundo heliocêntrico; percebendo ainda que a Ciência é construída por muitos nomes (Atividade Síncrona).
<p>MÓDULO 5 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL - AS LEIS DE KEPLER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá ler o material disponibilizado pelo professor na sala de aula online sobre as três leis de Kepler (Atividade Assíncrona). • Discussão sobre as três Leis de Kepler em uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada (Atividade Síncrona). • Atividade prática demonstrativa realizada pelo professor para identificar a órbita elíptica do planeta (Atividade Síncrona).

	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
MÓDULO 6 3 h/a (Síncronas)	GRAVITAÇÃO UNIVERSAL – FORÇA GRAVITACIONAL, CAMPO GRAVITACIONAL, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, VELOCIDADE ESCAPE E SATÉLITES. <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir aos vídeos disponibilizados na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a Gravitação universal parte 2 (Atividade Assíncrona). • Após os alunos assistirem aos vídeos, o professor promove um debate sobre o tema gravitação universal a partir dos vídeos que foram disponibilizados com uma abordagem conceitual e matematizada. A partir desse momento deverá ser proposto uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de Física explorados nos vídeos (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona). • Explicar aos alunos o que é um mapa mental, pra que serve e como se constrói (Atividade Síncrona). • Ao final da proposta, aplicar o mesmo questionário inicial para verificar como as respostas finais se relacionam com as do questionário inicial. Solicitar ainda que os alunos construam um mapa mental sobre o tema GRAVITAÇÃO (Atividade Assíncrona).

Fonte: Autoria própria (2021)

A nossa proposta apresentada no quadro 6, está alicerçada na teoria de aprendizagem de Robert Gagné. A Teoria da Instrução de Gagné está relacionada teoricamente no behaviorismo sob referência do estímulo – resposta e no cognitivismo com a construção individualizada do conhecimento. Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné propõem nove eventos de instrução, que servem de guia para o trabalho.

Para isso dividimos o trabalho em seis módulos, na qual, o primeiro módulo apresenta três etapas assíncronas e uma síncrona, a primeira etapa constitui-se de um questionário que tem por objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os temas que serão abordados ao longo de toda a proposta. Esta etapa foi realizada de forma assíncrona, na qual os alunos puderam responder as questões no seu tempo.

Também de forma assíncrona foi solicitado que os alunos assistissem o filme “estrelas além do tempo”, que foi disponibilizado na plataforma online, o filme aborda

conceitos de Física, de História e principalmente Sociologia, quando evidencia a luta das mulheres, a diversidade o racismo etc.

Após assistirem ao filme, foi feito de forma síncrona uma discussão sobre o filme. Utilizamos esse momento para ganhar a atenção dos alunos, Gagné ressalta em seu primeiro evento que devemos colocar um problema que desperte o interesse imediato do aluno, ou fazer uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse. Nessa proposta utilizamos duas questões distintas para ganhar a atenção dos educandos, a primeira: vocês acreditam que o homem pisou na Lua? E a segunda: se a Terra atrai a Lua, por que a Lua não cai na Terra?

Após apresentarmos as questões, discorremos para os alunos os objetivos da nossa proposta de trabalho (que se constitui como produto educacional) o que eles iriam estudar, como seriam os módulos, as etapas e as atividades propostas, sempre evidenciando o caráter interdisciplinar da mesma; Gagné no evento 2 afirma devemos mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento.

O terceiro evento de Gagné visa estimular a conexão com o conhecimento anterior, ou seja, para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções de vetores, aceleração, leis de Newton e sistemas de mundo geocêntrico e heliocêntrico, esses conhecimentos prévios foram apresentados verbalmente aos alunos também de modo síncrono.

Em seu evento 4, Gagné ressalta que devemos apresentar o material a ser aprendido, assim, já deixamos claro aos alunos que todos os módulos do curso de Gravitação estariam sendo trabalhados por meio de uma perspectiva metodológica da sala de aula invertida, na qual eles sempre teriam que ler um texto ou assistir um vídeo antes da aula online ao vivo (síncrona), e que todas as atividades teriam um caráter interdisciplinar, e que nas aulas síncronas poderia haver mais de um professor para participar das discussões.

O evento 5 consiste em basicamente em orientar a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os alunos a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a verbalização. Em nossa proposta este evento teve como subsídio as aulas expositivas dialogadas de forma síncrona divididas em seis módulos, nos quais os alunos puderam interagir, perguntar, comentar e dar suas opiniões.

O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem

por meio do estímulo à memorização. Assim, buscando atender ao sexto evento, foi proposto para cada aluno atividades de forma assíncronas no final de cada módulo a fim de verificar o desempenho do aluno. Trabalhamos com questões norteadoras, a fim de possibilitar um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1975) poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Em seguida no evento sete, seguindo a teoria de Gagné, possibilitamos um *feedback*, ou seja, se o aluno aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados, que seriam uma espécie de devolutiva, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem. Neste evento, o professor ao iniciar um novo módulo, sempre deve fazer a retomada do módulo anterior para que o aluno reforce aquilo que foi aprendido.

O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, em atenção à necessidade de diversificação, sendo importante que alunos exercitem seus conhecimentos em tarefas distintas. Nesse sentido os alunos puderam pontuar os pontos positivos e negativos que consideraram na proposta escrevendo o que mais gostaram no projeto e o porquê. Entendemos que nesse tipo de avaliação os alunos têm maior liberdade para discorrer sobre a experiência vivenciada.

O nono e último evento refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, ou seja, a generalização, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido. Aqui de forma individual os alunos produziram um mapa mental sobre o tema Gravitação, podendo apresentar os conceitos estudados e até relacioná-los com aplicações diferentes das que foram apresentadas na proposta.

E a fim de buscar uma relação com os conhecimentos prévios apresentados antes da implementação da proposta, ao final dela foi aplicado um novo questionário.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 Relato de experiência

Neste ano de 2020, devido à pandemia do COVID-19, o Sistema de Educação brasileiro foi exposto a diversas limitações, principalmente quando foram suspensas as aulas presenciais. Diante dessa situação, tivemos que implementar a nossa proposta de ensino remotamente, por meio de atividades síncronas e assíncronas.

Para tanto, utilizamos a plataforma gratuita virtual do *Google Classroom*, vídeo aulas gravadas e editadas, sendo disponibilizadas aos alunos participantes. Também utilizamos o *google meet* para efetuar as aulas ao vivo (encontros síncronos), sendo que os encontros foram iniciados em julho e finalizados em setembro de 2020, acontecendo sempre às quintas-feiras, às 21 horas.

Os conteúdos foram elencados de acordo com currículo do Ensino Médio, pautados nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A fim de identificar os conhecimentos prévios dos alunos, elaboramos e aplicamos um questionário inicial (Apêndice C), e após a coleta destes, os alunos assistiram ao filme “estrelas além do tempo” disponibilizado na plataforma online (Atividade Assíncrona).

No 1º encontro solicitamos que os alunos discutissem sobre o filme assistido com a colaboração dos professores de Filosofia e Sociologia. Buscando oferecer subsídios ao desenvolvimento do raciocínio dos alunos, foram feitos questionamentos para problematizar uma imagem da ciência que normalmente é encontrada entre os alunos, a retrata uma visão estritamente masculina da ciência.

Visando ganhar a atenção de um público de jovens adolescentes, essa tarefa pode ser realizada a partir de perguntas que promovem a possibilidade de elaborar uma opinião após a qual o sujeito é atraído à realidade (GAGNÉ, 1975).

Partindo desse contexto, surgiram vários questionamentos a respeito da temática, na qual os alunos e professores convidados puderam debater e apresentar seus relatos críticos, relacionando questões éticas, sociais e comportamentais sobre o filme. Os relatos iniciais dos alunos sobre o que tinham achado mais interessante no filme estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7 - Relatos iniciais dos alunos sobre o que tinham achado mais interessante no filme

<p>MÓDULO 1 (Síncronas)</p>	<p align="center">DISCUSSÃO INICIAL DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</p> <p>Aluno 1- “Eu gostei muito do filme, pois ele quebra barreiras contra o preconceito, essas mulheres negras tinham que enfrentar o preconceito e o machismo por serem mulheres. Da para ver que a área da ciência e tecnologia tem pouca participação negra e feminina”.</p> <p>Aluno 4- “Eu vi o preconceito que Katherine teve que enfrentar nesse período de segregação, não podendo nem colocar o nome dela no trabalho que era dela”.</p> <p>Aluno 7- “Se é para atingir o sucesso, nem cor de pele nem gêneros importam. A única coisa que pode fazer a diferença é performance. E é a performance de pessoas iguais as personagens que devemos traçar o caminho para maior igualdade no mercado de trabalho”.</p> <p>Aluno 8- “Naquela época existia a segregação na Nasa, as mulheres negras eram contratadas por causa da reivindicação de sindicatos dos trabalhadores negros, e mesmo assim é possível perceber no filme a desigualdade social entre negros e brancos, homens e mulheres. Infelizmente a inserção da mulher no meio científico ainda é pequena”.</p>
---	---

Fonte: A autoria própria (2021)

Durante essa etapa da implementação os alunos foram oportunizados a falar e se posicionar diante dos questionamentos gerados por meio do filme, desenvolvendo assim o que consideramos ser atitudes importantes para o processo de ensino aprendizagem. Os professores de Filosofia e Sociologia contribuíram com algumas falas, ressaltando que as falas trazidas por eles estavam em consonância com as competências e habilidades trazidas pela BNCC, principalmente para a disciplina de Sociologia, deixando explícito o caráter interdisciplinar da proposta.

Para Cachapuz, Praia e Jorge (2002), durante uma discussão não devemos cair num relativismo pedagógico, é necessário que haja orientações, princípios norteadores de valores e de ação, uma ética da responsabilidade e uma verdadeira consciência ontológica e epistemológica sobre o conhecimento científico e tecnológico.

O quadro 8 traz novos relatos dos alunos sobre o filme.

Quadro 8 - Segundo relato dos alunos de acordo com o filme

<p>MÓDULO 1 (Síncronas)</p>	<p align="center">DISCUSSÃO DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</p> <p align="center">Os alunos foram questionados qual a cena em que mais chamou atenção</p> <p>Aluno 1- “Pra mim a cena mais marcante, foi quando a Katherine, a protagonista, precisar ir ao banheiro e fazer todo o trajeto para chegar ao prédio que tinha banheiros para “pessoas de cor”, ela perdia mais de</p>
---	---

	<p>meia hora correndo debaixo de sol ou chuva e nenhum homem ou mulher branca precisava se submeter a isso”.</p> <p>Aluno 5- “No filme uma equipe de astronautas visita a NASA, e todos os funcionários deveriam cumprimentá-los, as mulheres negras estavam lá no final da fila. O astronauta John Glenn vai até elas para cumprimentar e não as ignora por serem negras. Esse pequeno gesto dá a elas um maior senso de inclusão.</p> <p>Aluno 7: “Quando o coronel que é negro tenta ser galanteador com Katherine, ele descobre que ela é matemática, na NASA, e ele diz sem pensar “nossa, eles deixam mulheres fazer este tipo de trabalho?” Isso é discriminação racial, é nítido esse tipo de machismo.</p> <p>Aluno 8: “Eu gostei da cena em que a Mary Jackson precisa da permissão de um juiz para frequentar aulas numa escola de engenharia para brancos, porque naquela época era proibido estudar em Universidades para brancos. Apesar de tudo, ela pergunta ao juiz: “De todos os casos que o senhor vai ouvir hoje, qual deles fará o senhor ser o primeiro?” Achei bem legal, pois isso nos mostra que devemos ousar a ser o primeiro e ir atrás de novos caminhos”.</p> <p>Aluno 10 – “A cena que mais me chamou atenção foi quando Dorothy viu o novo computador na NASA, e percebeu que os dias das mulheres que faziam os cálculos, estavam contados. Então ela entra escondido na sala, pega o manual e aprende a programar. E vira programadora da NASA”.</p>
--	--

Fonte: Autoria própria (2021)

Quando os alunos participantes foram questionados sobre qual a cena que mais lhe chamou a atenção, verificamos que eles conseguiram perceber os conhecimentos gerais pautados nas disciplinas de Filosofia e Sociologia, como questões de gênero, raça, éticas e sociais.

Para Brito e Fireman (2016), isso significa que o docente deve propor questões problemáticas, que não se limitem a colocar o aluno nas aulas como um espectador. Assim, é necessário disponibilizar tempo e espaço para que os alunos argumentem, reflitam sobre suas afirmações, que construam conclusões pela troca de experiências em conjunto, que adquiram o hábito de trabalhar com refutações, até chegar à evolução dos conceitos envolvidos do estudo.

Frente a essas questões, o quadro 9 está relacionado aos conhecimentos científicos. A indagação foi acerca do momento em que os alunos percebem a ciência.

Quadro 9 - Relatos iniciais dos alunos de acordo com o filme

MÓDULO 1 (Síncronas)	DISCUSSÃO DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO Os alunos foram questionados em que momento percebem a ciência e/ou física
	<p>Aluno 1- “Na corrida espacial, Katherine, é uma matemática muito inteligente e por isso é escolhida para trabalhar no Grupo de Missão Espacial, que pretende enviar o primeiro homem ao espaço e depois, à Lua. Naquela época não existia computadores, por isso, ela precisava</p>

	<p>realizar e conferir as contas para garantir que os astronautas consigam ir e voltar do espaço em segurança”.</p> <p>Aluno 7- “A Dorothy ao saber que a Nasa comprou um IBM (computador top) ela descobre que ele é capaz de realizar 24 mil cálculos por segundo, o que pode colocar em risco seu emprego e das suas colegas. Para evitar que elas sejam dispensadas, Dorothy resolve aprender e ensinar as mulheres como programar”.</p> <p>Aluno 9- A Mary Jackson consegue ser a primeira engenheira da NASA e trabalha na construção da cápsula que lançaria o homem ao espaço.</p>
--	--

Fonte: Autoria própria (2021)

Notamos que em alguns momentos os alunos respondiam as questões com mais insegurança e conceitos intuitivos, então estes foram colocados em debate, com a intenção de conduzi-los a construção de concepções científicas. Logo após, novamente refizemos essas questões para discorrer mais sobre o assunto, porém, eles ainda ficaram intimidados por não perceber esse tipo de cena. Foi interessante quando um aluno interrompeu todo empolgado e fez a seguinte fala:

“Ah, já sei professora, na hora de vencer a corrida espacial, eu percebo que não é apenas um sonho entre os dois países ganhar a corrida, e sim uma questão política... vixe mas não tem nada a ver com a física” (Aluno 1).

No entanto percebemos que há uma dificuldade de contextualização entre os conteúdos de Física que são ministrados e os conhecimentos já adquiridos pelos alunos de forma empírica e do cotidiano, mostrando uma assimilação dessa ciência com foco na Astronomia.

Diante disso, os fenômenos relacionados com Astronomia despertam o interesse e a curiosidade de crianças, jovens e adultos por se tratar de fenômenos cotidianos, porque, essa temática tem a capacidade de trabalhar com a interdisciplinaridade, na qual desperta um olhar mais apurado nas outras disciplinas e uma capacidade cognitiva mais aprofundada (BATISTA, CONEGLIAN e ROCHA, 2018).

Segundo Rosa, Perez e Drum (2007), estudos apontam que os alunos sentem dificuldades em assimilar conhecimentos científicos, devido ao fato de muitos professores terem dificuldades de promover um ambiente desafiador, propício à investigação e à construção desses conhecimentos.

Assim, é importante que na sala de aula o professor traga certos questionamentos sobre os avanços científicos e tecnológicos, apresentando também os aspectos negativos que esses podem acarretar (SASSERON; CARVALHO 2008).

No 2º encontro solicitamos aos alunos um debate sobre o vídeo do “Canal Nostalgia”, disponibilizado na plataforma *online*, cujo foco principal é a Corrida Espacial, tratando de temas como a chegada do homem à Lua, disputa tecnológica, Guerra Fria e 2º Guerra Mundial. Para participar desse encontro convidamos os professores de História, Geografia e Filosofia, com a intenção de oferecer uma maior quantidade de subsídios ao desenvolvimento da aula.

No início percebemos que os alunos estavam muito acanhados e que não queriam argumentar, deixando-nos a impressão que isso ocorreu devido a participação dos demais professores na sala de aula via *google meet*. Então para quebrar esse gelo inicial e conduzir a aula, perguntamos o que eles haviam entendido sobre o vídeo, iniciando a discussão. O relato a seguir apresenta a fala de um dos alunos sobre esse encontro.

“Eu amei o vídeo professora, já acompanho o canal desse Youtuber (Felipe Castanhari). O canal nostalgia explica coisas bem legais de história e ciência. Eu gostei muito da parte que ele explica dos mísseis na 2º Guerra Mundial. E o que é legal, é que ele explica sobre a missão Mércuri e na hora eu lembrei do filme estrelas além do tempo quando os EUA ainda não tinham conseguido enviar nada para o espaço” (Aluno 1).

Diante da fala do aluno 1 percebemos que ele conseguiu fazer um paralelo da corrida espacial e o filme “estrelas além do tempo”, contextualizando os fatos e nos mostrando que a prática pedagógica utilizando novas tecnologias de informação em sala de aula, pode desenvolver nos alunos uma consciência crítica e reflexiva em torno das mídias, em especial os filmes, conforme afirma Viglus (S/d).

O aluno 5 trouxe apesar de justificar que não gostava da disciplina de História, trouxe para a discussão elementos da Guerra Fria e Corrida Espacial, conforme pode ser observado a seguir:

“Eu fiquei abismado com os milhões gastos durante a corrida espacial. Eu não sabia que era tanto investimento, eles poderiam ter economizado. O mais

legal é ver o conflito da Guerra Fria e a disputa entre os EUA e a União Soviética. Ah, professora, eu lembrei muito de filosofia também, pois achei uma falta de ética eles mandarem três astronautas sem a roupa certa para o espaço e ainda achei que a União Soviética perdeu a corrida espacial mais por uma questão de ego” (Aluno 5).

Após esse comentário os professores de História, Geografia e Filosofia contribuíram com os fatos políticos, históricos e econômicos sobre o assunto abordado. Este tomou uma proporção tão grande que os professores participantes conseguiram contextualizar esse assunto com o Sistema Educacional e o momento de pandemia na qual estávamos vivendo.

As expectativas foram satisfeitas, mas ainda faltava relacionar conceitos de Física, foi então que fizemos o seguinte questionamento: “E a Física, vocês conseguiram perceber em algum momento”? Então o aluno 8 responde com muita empolgação:

“Sim professora, o primeiro ser vivo a ir para o espaço foi a cadela Laika, mas o grande marco foi o Astronauta da União Soviética que deu um voo orbital de 48 minutos. E depois eles vão enviando os caras lá pra cima até que os EUA dão um salto e manda o homem para a Lua” (Aluno 8).

O conhecimento físico que o aluno conseguiu assimilar e apresentado nesta fala, estaria ligado a Astronomia, apesar de se expressar utilizando termos específicos da Física, ele conseguiu construir boas respostas quando foi provocado. Também identificamos elementos relacionados a conhecimentos físicos na fala do Aluno 9 a seguir.

“Eu não tenho certeza professora, mas acho que as Leis de Newton têm ligação com o foguete. Eu não entendo muito bem como funciona o foguete, lá no espaço” (Aluno 9).

Diante dessas falas, constatamos que os alunos apresentaram uma carência nos conceitos de Física, muitas vezes simplistas, visto que a maior parte deles não

conseguiram relacionar a Física com o cotidiano. Essa carência reforça ainda mais a importância e a relevância de se trabalhar com os projetos interdisciplinares.

Moreira (2018) ressalta que nesse cenário a Física é ensinada de forma descontextualizada, sem relações interdisciplinares não levando em consideração o que o aluno já sabe sobre o tema que está sendo discutido, assim, jamais vai levar a Física para uma roda de conversa com amigos, pois ela não faz muito sentido para ele.

Para o fechamento desse encontro, colocamos em pauta que nos módulos seguintes eles iriam explorar a Física com mais ênfase, partindo daquele momento começaram a identificar as Leis da Física em situações reais.

No 3º encontro solicitamos aos alunos uma discussão coletiva dos vídeos que foram disponibilizados no *Classroom*, para identificar as três Leis de Newton em situações reais, analisando como essas Leis estão relacionadas com o funcionamento e lançamento de um foguete.

Utilizamos um material com simulações para melhor explicar os conteúdos, assim iniciamos a explicação destas Leis, enfatizando a astronáutica, seguido pelo lançamento de foguetes. Foi explanado sobre os veículos lançadores, os combustíveis sólidos e líquidos, e os estágios para o lançamento de um foguete.

Os alunos ficaram fascinados, pois conseguimos contextualizar os conceitos de Física com a realidade do dia a dia, estimulando-os a participarem ativamente da aula, o que pode ter favorecido um aluno a emitir o seguinte comentário:

“Assim é fácil aprender a Física, não tem aquele monte de contas para fazer”

(Aluno 4).

Assim, percebemos que os alunos apresentam uma certa resistência para sair da sua zona de conforto e ter que aplicar fórmulas para chegar a um resultado, sendo esta uma situação muito comum entre os estudantes na disciplina de Física no Ensino Médio. Por não entenderem determinados conteúdos e não perceberem que a Matemática é uma ferramenta de linguagem que a Física também utiliza para se expressar, e acabam reduzindo o entendimento desta disciplina a uma simples tarefa de aplicar determinadas equações ou populares ‘fórmulas’.

De acordo com Gomes, Batista e Fusinato (2017), percebemos que, apesar de se falar muito em diversificação do ensino de Física, que devemos utilizar vários recursos didáticos, notamos que, ainda continua dependente dos livros didáticos e nem sempre estimulam o aluno a pensar sobre os conceitos físicos em estudo. Trazendo em geral, definições prontas, que não estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico em sala de aula.

É importante despertar a curiosidade dos alunos, e ajudá-los a conhecer a Física como algo atrativo, mais próximo a eles, podendo ser por conteúdos mais atrativos e até mesmo por meio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) é possível conseguir uma maior interatividade dos alunos e conseqüentemente um maior envolvimento com o processo de aprendizagem.

No 4º encontro solicitamos uma discussão coletiva do vídeo que foi disponibilizado no *Classroom* sobre a história da Astronomia, na qual discutimos sobre seu desenvolvimento histórico em diversas épocas e lugares. Dessa forma, ofertamos subsídios e condições para que os alunos entendessem o que foi a revolução científica, bem como, compreender a passagem de um sistema de mundo Geocêntrico para um sistema de mundo Heliocêntrico.

Nesta aula contamos com a participação de um de professor Filosofia, assim foi possível abranger os aspectos históricos e filosóficos daquele momento, favorecendo com que os alunos percebessem que a história da Ciência não é linear, e que ela passa por rupturas, sendo historicamente construída por muitos nomes, que estão condicionados a interesses econômicos, políticos e sociais.

Cachapuz (2005), afirma que há a necessidade de uma renovação na educação científica, mas que é necessário desfazer as visões deformadas da Ciência e Tecnologia. Segundo o autor, entre essas visões existe a ideia entre os alunos, que a Ciência é uma área do saber reservada a gênios em seus sofisticados laboratórios, que possuem um conhecimento de verdades absolutas que não podem ser questionáveis.

Concordando, Bueno (2012), ao longo dos anos, a imagem do cientista foi se tornando bastante estereotipada, de tal forma que a sociedade passou a enxergar este profissional como um louco, que na maioria das vezes é representado por um homem de jaleco, antissocial e com uma inteligência acima da média.

Nesse contexto vemos que é incorreta a maneira como o cientista vem sendo apresentado à sociedade, no que diz respeito à sua aparência, às suas roupas, ao

seu comportamento, hábitos sociais, aos seus sentimentos, associam o cientista como um maluco (REIS, RODRIGUES e SANTOS, 2006).

Diante dessa realidade, o que é divulgado pelas mídias sobre a Ciência influenciam as representações dos alunos, e é nesse sentido que os professores, como transmissores de conhecimentos, podem contribuir para que os alunos, consigam construir concepções coerentes a respeito da mesma, de modo que os conhecimentos científicos adquiridos, no espaço escolar levem-no a refletir e agir para transformar a realidade que o cerca.

Para o 5º encontro os alunos leram o material disponibilizado no *Classroom* sobre as três Leis de Kepler e iniciamos a aula ao vivo para discutir sobre esse conteúdo com uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada.

Antes de iniciar a aula, um aluno nos perguntou se acreditávamos em Deus, espantados com a pergunta, respondemos questionando-o sobre por que dessa curiosidade. Ele ressaltou que foi devido as discussões que foram abordados no encontro anterior sobre a história da Astronomia, pois relatamos em alguns momentos a participação da igreja diante de alguns fatos históricos. Diante desse fato, o aluno disse:

“Eu fiquei curioso, porque as pessoas contestam a ciência, mas não contestam a religião. Na aula passada professora, Galileu Galilei causou grande polêmica a igreja católica, e só mais tarde é que a igreja percebeu que estava errada” (Aluno 8).

Com esse questionamento, fizemos uma breve conversa sobre a história da Ciência, sanando determinadas dúvidas e apontando alguns aspectos históricos e religiosos.

Demos continuidade na aula falando do livro “Astronomia Nova de Johannes Kepler”, explicamos a biografia, as suas Leis, pontuando os conceitos de Periélio e Afélio e finalizamos a aula com uma atividade prática demonstrativa realizada pelo professor para identificar a excentricidade da órbita elíptica do planeta Terra. Para auxiliar a aula, utilizamos um vídeo do “canal socrática” para dar um suporte maior sobre esse assunto. Durante a exibição do vídeo um aluno interrompeu a aula e fez a seguinte pergunta:

“Professora, mas esse vídeo tem a ver com o filósofo Sócrates”? (Aluno 8).

A partir dessa fala do aluno percebemos que ele fez uma associação do nome do canal do youtube com a disciplina de filosofia. Essa conversa entre as disciplinas faz com que os alunos percebam o conteúdo com outro olhar, com mais curiosidade e interesse pelo aprendizado, assim fica mais fácil do aluno associar os assuntos trabalhados durante uma aula.

Nesse sentido, Batista, Coneglian e Rocha (2018), apontam que o trabalho interdisciplinar proporciona maiores vivências e uma visão mais global, crítica e articulada dos conhecimentos aos envolvidos, ou seja, se o trabalho acontecer de forma interdisciplinar, devidamente planejado proporciona aos alunos a aprendizagem dos conteúdos. Dessa forma, desenvolve habilidades importantes como tomada de decisões, argumentação baseada em referenciais, possibilitando assim, a formação de um aluno crítico, o que é desejável em todos os documentos que regem a educação brasileira.

No 6º encontro promovemos um debate sobre o tema Gravitação Universal, por meio dos vídeos que foram disponibilizados no *Classroom* com uma abordagem matematizada e conceitual. Na sequência iniciamos a aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de Física, e para chamar a atenção dos alunos colocamos uma imagem de um mapa mental, explicando aos alunos o que era essa ferramenta, para que servia e como poderia ser construído.

Em seguida, explicamos os assuntos de Física que foram explorados nos vídeos, começando pela história Gravitação Universal desenvolvida por Isaac Newton, e nesse contexto voltamos as primeiras questões norteadoras que serviriam de subsídios para chamar a atenção dos alunos.

Questões utilizadas:

1. “Vocês acreditam que o homem pisou na Lua”?
2. “Se a Lua é atraída pela Terra, por que ela não cai na Terra”?

A primeira questão já havia sido compreendida no encontro da Corrida Espacial, mas a segunda pergunta ainda não tínhamos discutido, então foi nesse momento que explicamos sobre a analogia que Newton faz ao explicar a queda dos corpos, comparando a maçã e a Lua.

Com base nessa explicação, conseguimos trabalhar com os alunos a Lei da Gravitação Universal de Newton, explicando os conceitos de força, campo gravitacional a partir da inserção ou lançamento de um corpo ou objeto em órbita, demonstrando as equações matemáticas, ressaltando a importância dos satélites, velocidade de escape e finalizando com a parte de energia potencial gravitacional. Nesse momento fizemos resolução de alguns exercícios de Física, sanando as dúvidas das equações. Ao final da aula, pedimos aos alunos para construírem um mapa mental de todo o aprendizado obtido.

A ideia do mapa mental é uma estratégia para a construção de conceitos científicos, que auxilia os alunos compreenderem, relacionar informações e atribuir significado ao que estão estudando. Para Daros (2018), o mapa mental é uma estratégia de memorização de conteúdo, porque possibilita registrar de forma inteligente resumos sintéticos de matérias, que posteriormente podem ser revisados rapidamente.

Além disso, os mapas mentais podem somar ao conjunto de instrumentos avaliativos que pode tornar o uso das metodologias ainda mais dinâmico para o ensino aprendizagem (GOMES, BATISTA e FUSINATO, 2020). Assim percebemos que o mapa mental tem um grande potencial, porque a mente humana é capaz de fazer quaisquer tipos de associações, e isso reflete na elaboração desse instrumento.

4.2 Resultado dos questionários inicial e final

No início da nossa proposta, de maneira assíncrona encaminhamos via plataforma *online* um questionário inicial para ser preenchido pelos alunos participantes da proposta. E, ao final da implementação de toda a proposta solicitamos novamente o preenchimento do mesmo questionário, com o intuito apenas de verificar se de alguma forma os conteúdos conceituais se tornaram mais claros para os educandos, visto que de a teoria da instrução de Gagné está relacionada com os conteúdos conceituais.

Nosso questionário foi dividido em duas partes, a primeira composta por 10 questões de conhecimentos gerais sobre as temáticas Guerra Fria e Corrida Espacial, visto que o trabalho possui um caráter interdisciplinar. Já a segunda parte foi composta por questões de Física, envolvendo assuntos como leis de Newton, princípio da gravitação e suas aplicações. Em ambas as partes, as questões consistiam em

afirmações nas quais os alunos deveriam apenas concordar com elas, ou discordar, ou ainda assinalar que tinha dúvida sobre o conteúdo da mesma.

No quadro 10 apresentamos os resultados de ambos os questionários. Na primeira coluna temos o enunciado da questão, na segunda coluna as alternativas disponíveis em cada questão para serem marcadas como opção de resposta, em cada uma das questões a alternativa correta está destacada com um negrito no texto e um sombreamento na linha. Já na terceira coluna temos as respostas referentes ao questionário inicial, ou seja, quantos alunos marcaram cada uma das opções de resposta, na quarta coluna temos as respostas do questionário final. Em ambos os questionários além de ressaltar a resposta correta, também identificamos o percentual de acertos de cada uma das questões. E, na quinta e última coluna do quadro 10 apresentamos a diferença no percentual de acertos do questionário final em relação ao inicial, ou seja, descrevemos o percentual de melhora.

Quadro 10 - Organização dos Módulos

Questão	Alternativas	Questionário inicial	Questionário final	Percentual de Melhora
01. No dia 20 de julho de 1969, Neil Armstrong tornou-se o primeiro homem a pisar na Lua	Tenho dúvidas	3	1	
	Discordo	-	-	
	Concordo	6 (66,6%)	8 (88,8%)	22,2%
02. O homem nunca pisou na lua e, isso não passa de uma conspiração dos norte-americanos, pois, se Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua e temos imagens dele desembarcando, então quem fez a filmagem?	Tenho dúvidas	5	-	
	Discordo	3 (33,3%)	7 (77,7%)	44,4%
	Concordo	1	2	
03. Apenas os três homens da missão Apolo 11 pisaram na lua até hoje.	Tenho dúvidas	7	2	
	Discordo	1 (11,1%)	4 (44,4%)	33,3%
	Concordo	1	3	
04. Guerra fria foi uma guerra sangrenta entre Estados Unidos e União Soviética que aconteceu na Rússia durante um rigoroso inverno.	Tenho dúvidas	-	-	
	Discordo	6 (66,6%)	8 (88,8%)	22,2%
	Concordo	3	1	
05. A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias de dinheiro com o intuito de promover a exploração do espaço.	Tenho dúvidas	2	1	
	Discordo	-	-	
	Concordo	7 (77,7%)	8 (88,8%)	11,1%

06. Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.	Tenho dúvidas	3	-	
	Discordo	1 (11,1%)	5 (55,5%)	44,4%
	Concordo	5	4	
07. Os Estados Unidos e a União Soviética foram as únicas nações que já pousaram sondas na Lua.	Tenho dúvidas	7	3	
	Discordo	1 (11,1%)	4 (44,4%)	33,3%
	Concordo	1	2	
08. A Lua é um satélite natural, mas também existem os satélites artificiais, os quais são feitos pelo homem.	Tenho dúvidas	1	-	
	Discordo	-	-	
	Concordo	8 (88,8%)	9 (100%)	11,2%
09. A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a fazer uma viagem espacial.	Tenho dúvidas	2	1	
	Discordo	1	-	
	Concordo	6 (66,6%)	8 (88,8%)	22,2%
10. O primeiro satélite artificial lançado ao espaço foi o Sputnik.	Tenho dúvidas	7	1	
	Discordo	-	-	
	Concordo	2 (22,2%)	8 (88,8%)	66,6%
11. A primeira lei de Newton estabelece que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme sempre que a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula.	Tenho dúvidas	2	1	
	Discordo	1	1	
	Concordo	6 (66,6%)	7 (77,7%)	11,1%
12. Força é uma grandeza vetorial, pois, ao empurrarmos um objeto, esse “empurrão” possui valor numérico, direção e sentido.	Tenho dúvidas	3	-	
	Discordo	1	-	
	Concordo	5 (55,5%)	9 (100%)	44,5%
13. Sem força não é possível existir movimento.	Tenho dúvidas	2	2	
	Discordo	2 (22,2%)	8 (88,8%)	66,6%
	Concordo	5	1	
14. A força de atração do Sol sobre a Terra é igual, em intensidade e direção, à força de atração da Terra sobre o Sol.	Tenho dúvidas	5	3	
	Discordo	1	2	
	Concordo	3 (33,3%)	4 (44,4%)	11,1%
15. Observando as imagens abaixo concluímos que o personagem A é mais forte que o personagem B.	Tenho dúvidas	4	1	
	Discordo	4 (44,4%)	8 (88,8%)	44,4%
	Concordo	1	-	

16. A segunda lei de Newton diz que a aceleração que age sobre um corpo é diretamente proporcional a força resultante que age sobre ele e, inversamente proporcional à sua massa.	Tenho dúvidas	4	2	
	Discordo	-	-	
	Concordo	5 (55,5%)	7 (77,7%)	22,2%
17. Inércia pode ser entendida como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior sua inércia.	Tenho dúvidas	2	1	
	Discordo	1	-	
	Concordo	6 (66,6%)	8 (88,8%)	22,2%
18. A Lei da Gravitação Universal nos mostra que corpos massivos têm a capacidade de se atraírem por uma força mútua denominada de força gravitacional. Sendo assim, podemos concluir que a Terra atrai a Lua e a Lua atrai a Terra com uma determinada força.	Tenho dúvidas	1	1	
	Discordo	-	-	
	Concordo	8 (88,8%)	8 (88,8%)	-
19. No dia 20 de junho de 2020 no hemisfério sul teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol.	Tenho dúvidas	2	-	
	Discordo	-	8 (88,8%)	88,8%
	Concordo	7	1	

Fonte: Autoria própria (2021)

Ao analisarmos o quadro 10, olhando para os resultados do questionário inicial percebemos que na primeira parte do questionário, que trata sobre conhecimentos gerais a questão que apresentou o maior índice de erro foi a número 6, (“Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.”), na qual 5 alunos (55,5% do total) assinalaram a resposta errada, concordando com a afirmação feita, 3 alunos (33,3% do total) disseram que tinham dúvidas e apenas um aluno marcou a resposta correta. Isso se deve talvez, pela atual conjuntura geopolítica do mundo, a qual apresenta os Estados Unidos da América como uma super potência, e esse modelo é o que os alunos participantes da proposta, a maioria nascida em meados dos anos 2000, tem acesso pela mídia televisiva.

Já na segunda parte do questionário inicial, que trata de assuntos de Física, duas questões chamaram nossa atenção pelo alto percentual de erro, a primeira foi a questão 13 (Sem força não é possível existir movimento.), em que 5 dos 9 alunos respondentes (55,5%) marcaram a opção errada de resposta, ou seja, concordando com a afirmação, dois alunos apenas (22,2%) marcaram a opção correta discordando

de tal afirmação. Esse resultado pode estar associado ao fato de que uma visão não inercial do movimento, é mais intuitiva, ou seja, mais da metade dos participantes da proposta apresentam um pensamento aristotélico para a relação força e movimento. De acordo com Peduzzi (1992):

Através da “lei de força” de Aristóteles fica clara a proporcionalidade entre força aplicada e velocidade adquirida, bem como a impossibilidade de movimento no vazio. Na dinâmica aristotélica o que se move e o que se movimenta devem estar em permanente contato, não sendo possível, desta forma, a manutenção de um movimento sem uma força constantemente aplicada ao móvel (PEDUZZI, 1992, p.244).

Nosso resultado converge para o resultado encontrado por Peduzzi e colaboradores na década de 1990, isso nos permite inferir que a concepção aristotélica é mais intuitiva que a newtoniana, visto que Peduzzi e colaboradores implementaram sua sequência de atividades com alunos de ensino superior que cursavam a disciplina de Física Geral I no curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, ou seja, alunos calouros. Já nossa proposta foi implementada em uma turma da terceira série do Ensino Médio, com alunos praticamente da mesma faixa etária, e que, em ambos os casos já haviam tido algum contato com as leis de Newton no primeiro ano do Ensino Médio.

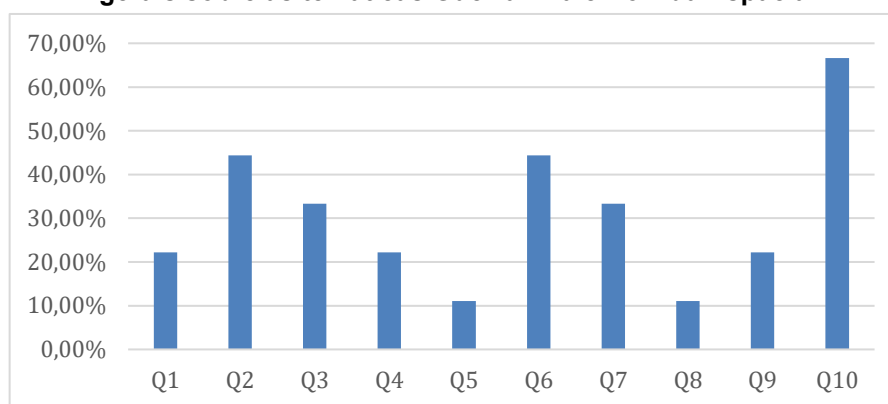
A segunda questão que ressaltamos aqui da segunda parte do questionário é a 19 (No dia 20 de junho de 2020 no hemisfério sul teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol). Essa questão apresentou um resultado preocupante pois nenhum aluno respondeu à questão corretamente, e 7 dos 9 participantes (77,7%) concordaram com a afirmação de que o inverno acontece devido a maior distância da Terra ao Sol, ou seja, resposta errada!

Esse resultado também foi evidenciado por outros pesquisadores e com diferentes públicos, Langhi e Nardi (2008) percebeu tal resultado com professores de Ciências do Ensino Fundamental, Batista, Fusinato e Ramos (2017) também verificaram esse resultado com alunas do curso médio conhecido como magistério e Ortiz *et al.* (2019) chegou ao resultado com alunos do Ensino Médio regular. Tais pesquisadores atribuem esses resultados às experiências vivenciadas ao longo da vida pelos sujeitos participantes das pesquisas, ou a maneira como o próprio livro

didático de Ciências aborda o assunto. O problema da órbita da Terra relacionado às estações do ano já foi apresentado por Canalle (2003), por Langhi e Nardi (2007), por Amaral e Oliveira (2011), por Batista, Fusinato e Ramos (2017) entre outros.

Ao analisarmos o questionário final percebemos que das 19 questões, 18 apresentaram percentual de melhora e uma o percentual permaneceu igual. Na figura 8, apresentamos o percentual de melhora da primeira parte do questionário, aquela que tratava dos conhecimentos gerais sobre as temáticas Guerra Fria e Corrida Espacial.

Figura 8 - Representação gráfica do percentual de melhora nas questões de conhecimentos gerais sobre as temáticas Guerra Fria e Corrida Espacial



Fonte: Autoria própria (2021)

A partir da figura 8 é possível identificar que as questões com o maior percentual de melhora são as questões 2 e 6 com 44,4% de melhora, e a questão 10 com 66,6% de melhora.

A questão 2 (O homem nunca pisou na lua e, isso não passa de uma conspiração dos norte-americanos, pois, se Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua e temos imagens dele desembarcando, então quem fez a filmagem?) no questionário inicial apresentou apenas 3 acertos, já no questionário final 7 dos 9 alunos responderam corretamente. Entendemos esse resultado como positivo, visto que a questão questionava a chegada do homem à Lua, e num momento histórico que vivemos de negacionismo da Ciência podemos dizer que o trabalho contribuiu para um olhar mais científico por parte dos alunos para o assunto tratado.

A questão 6 (Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.) que nos chamou atenção no questionário inicial pelo alto índice de erro, no questionário final apresentou 5 respostas corretas das 9 possíveis. Esse resultado apesar de muito positivo nos faz pensar sobre nossa proposta de ensino, pois, mais de 40% dos

sujeitos pesquisados ainda assinalaram a alternativa errada ou apresentaram dúvidas sobre a temática, nesse sentido, para uma próxima implementação é necessário replanejar algumas atividades relacionadas a esse assunto, a fim de melhor contribuir com o cenário da divulgação e alfabetização científica.

Ainda nessa primeira parte do questionário a questão que apresentou o melhor índice de melhora foi a questão 10 (O primeiro satélite artificial lançado ao espaço foi o Sputnik.), que saltou de 2 acertos no questionário inicial para 8 acertos no questionário final, acreditamos que a questão, também sobre divulgação de Ciência pode contribuir para desmistificar que os Estados Unidos da América sempre estiveram na frente, no principal episódio da Guerra Fria, na Corrida Espacial.

Ao observarmos as respostas obtidas no questionário final, podemos concluir que o diálogo, os questionamentos, o trabalho interdisciplinar colaboram para a superação das concepções alternativas dos alunos ultrapassando as barreiras do senso comum para um conhecimento mais elaborado.

A partir dos relatos dos alunos podemos inferir que o filme: estrelas além do tempo e o vídeo sobre a guerra fria do canal nostalgia podem ter contribuído significativamente para esse entendimento dos alunos.

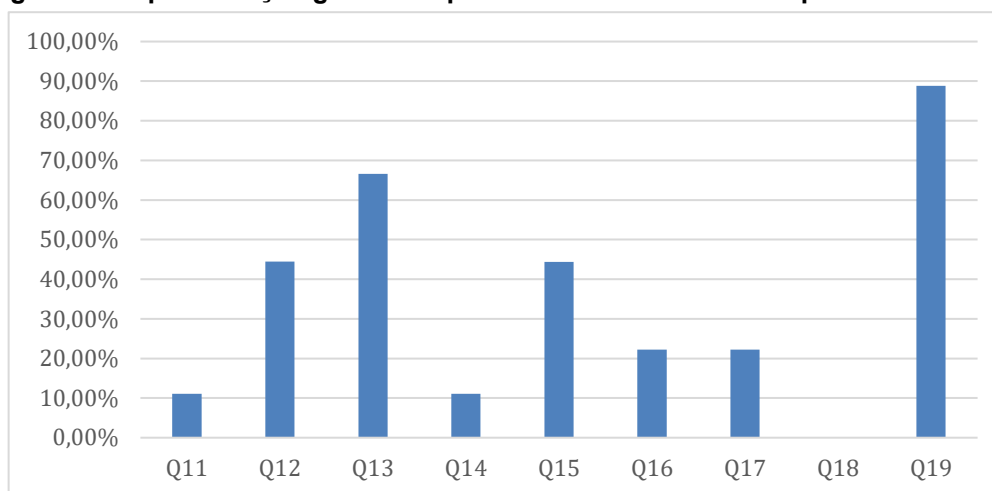
“Percebi que a corrida espacial não era só sobre duas grandes potências, mas também sobre seus sistemas políticos sendo aqui quem ganhasse provaria que era o mais forte e que seu sistema era o mais forte” (Aluno 1).

“A corrida espacial foi um dos capítulos mais conhecidos da Guerra Fria, aconteceu entre 1957 e 1975 e foi travada entre Estados Unidos e União Soviética. A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias com o intuito de promover a exploração do espaço. Os soviéticos e os EUA incentivaram o desenvolvimento científico, realizaram expedições tripuladas ao espaço, e foi organizada uma expedição que levou o homem à Lua” (Aluno 8).

Segundo Reis, Rodrigues e Santos (2006) as aulas em que a história da Ciência e a contextualização do momento histórico fazem parte do currículo da disciplina estimulam os alunos a buscarem mais informações sobre a Ciência e os trabalhos científicos, acarretando uma visão menos distorcida da realidade.

Ao analisarmos a segunda parte do questionário final percebemos, a partir da figura 9, o percentual de melhora relativo aos conteúdos conceituais de Física envolvidos na proposta.

Figura 9 - Representação gráfica do percentual de melhora nas questões de Física



Fonte: Autoria própria (2021)

As questões com melhores percentuais de melhora são as questões 12, com 44,5% de melhora, a questão 13 com 66,6% de melhora e a questão 19 com 88,8% de melhora. A questão 12 (Força é uma grandeza vetorial, pois, ao empurrarmos um objeto, esse “empurrão” possui valor numérico, direção e sentido.) tivemos 5 acertos (55,5%) no questionário inicial e no final do trabalho 100% dos alunos marcaram a resposta correta, reconhecendo o caráter vetorial da força, conceito muito importante para o estudo das leis de Newton e suas aplicações.

A questão 13 (Sem força não é possível existir movimento.) foi uma das questões que nos chamou a atenção no questionário inicial pelo seu alto índice de erro. A partir do questionário final verificamos que a questão subiu de 2 acertos para 8 acertos, ou seja, a partir das discussões apresentadas nas aulas os alunos conseguiram responder à questão com um pensamento mais newtoniano do que aristotélico. Não podemos garantir que com o passar do tempo os alunos não voltaram a ter um pensamento mais intuitivo sobre a relação de força e movimento, mas podemos verificar que ao final do trabalho conseguiram superar suas visões iniciais.

Já a questão 19 (No dia 20 de junho de 2020 no hemisfério sul teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol.) teve um aumento no número de certos de 0 para 8, o que totalizou uma melhora de 88,8%. Essa questão também havia nos chamado atenção no questionário inicial porque nenhum aluno a respondeu corretamente, mais uma vez podemos

associar essa melhora no desempenho dos alunos a estrutura da proposta pautada nos nove eventos de Gagné, cuja aprendizagem está pautada na interface entre a teoria behaviorista e a teoria cognitivista.

Percebemos que os alunos participantes de nossa pesquisa ressignificaram suas concepções sobre alguns conceitos elementares de Física. Segundo Carrascosa, Perez e Valdés (2005), as concepções alternativas induzem ao erro conceitual em respostas rápidas, seguras, contraditórias ao conhecimento científico vigente, assim como foi presenciado nas respostas do questionário inicial desta pesquisa.

Por fim, um resultado que também nos chamou a atenção está relacionado a opção de resposta tenho dúvidas, pois no questionário inicial essa opção foi marcada 62 vezes ao longo das 19 questões, já no questionário final foi marcada apenas 20 vezes, ou seja, três vezes menos. Esse resultado reflete uma segurança por parte do aluno para dar a resposta, e essa segurança podemos entender como uma competência necessária para a formação de um aluno mais autônomo e crítico.

4.3 Resultado dos mapas mentais

Ao final da implementação da proposta de ensino para o tema gravitação solicitamos aos alunos a construção de um mapa mental, que havia sido devidamente explicado aos mesmos o procedimento de construção. Para esta etapa de análise contamos com a produção de 10 mapas mentais, ou seja, todos os alunos participantes da proposta produziram o mapa ao final do trabalho. Os mapas foram produzidos em casa pelos alunos e encaminhados via plataforma online.

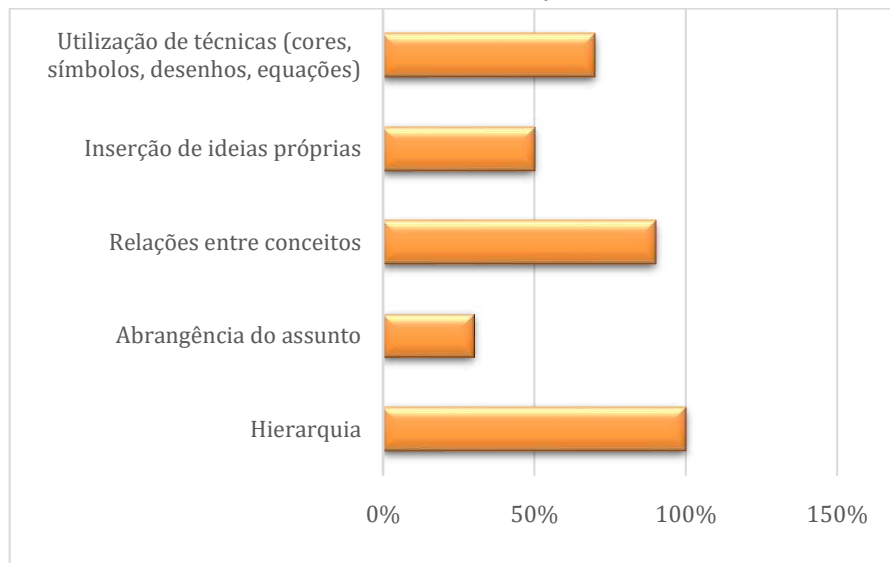
Segundo Fenner (2017), um mapa mental deve ser entendido como uma ferramenta para a organização de informações (ideias) que ocorrem na estrutura cognitiva do sujeito de forma não linear. Nesse mapa a ideia principal que também podemos chamar de termo indutor é colocado no centro de uma folha de papel e as relações são feitas a partir dele em forma de teia, que podem ser palavras-chave, equações, desenhos, sempre utilizando muitas cores para a confecção do mesmo.

Para a análise dos mapas mentais produzidos pelos alunos utilizamos como referência alguns dos critérios descritos por Novak e Gowin (1984) e Buzan (2009), em seus trabalhos, ou seja, além da observação da hierarquia e da relação válida entre os conceitos, apresentados por Novak e Gowin (1984), também buscamos

verificar a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado, esses são critérios citados por Buzan (2009). Ao final ainda buscamos evidenciar quais mapas estabeleciam relações interdisciplinares em sua estrutura.

Na figura 10 apresentamos um gráfico com os respectivos critérios de avaliação dos mapas mentais.

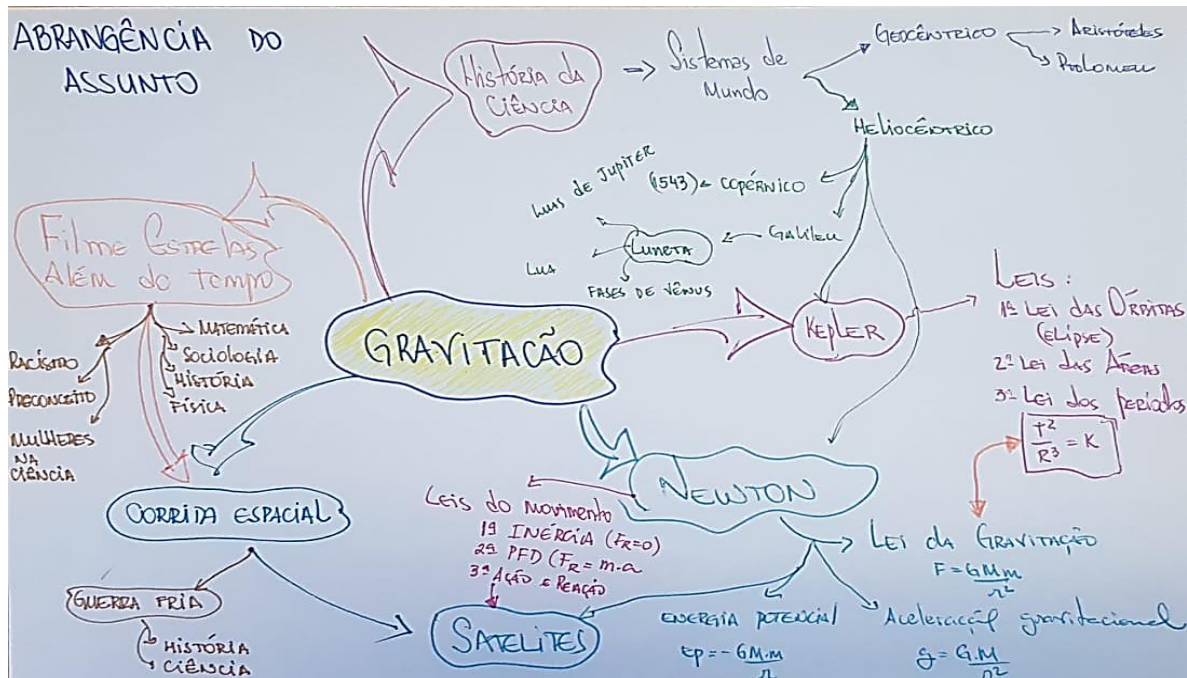
Figura 10 - Demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais - (Turma com 10 alunos)



Fonte: Autoria própria (2021)

Na análise dos mapas mentais entregues pelos alunos, verificamos que, seguindo os critérios estabelecidos, 100% dos alunos seguiram uma hierarquia na organização dos conteúdos, porém apenas 30% dos alunos conseguiram estabelecer uma abrangência dos assuntos expressos no mapa. É importante ressaltar que fizemos um mapa de referência e que estabelecemos parâmetros para o item abrangência do assunto, como mostra a imagem 1.

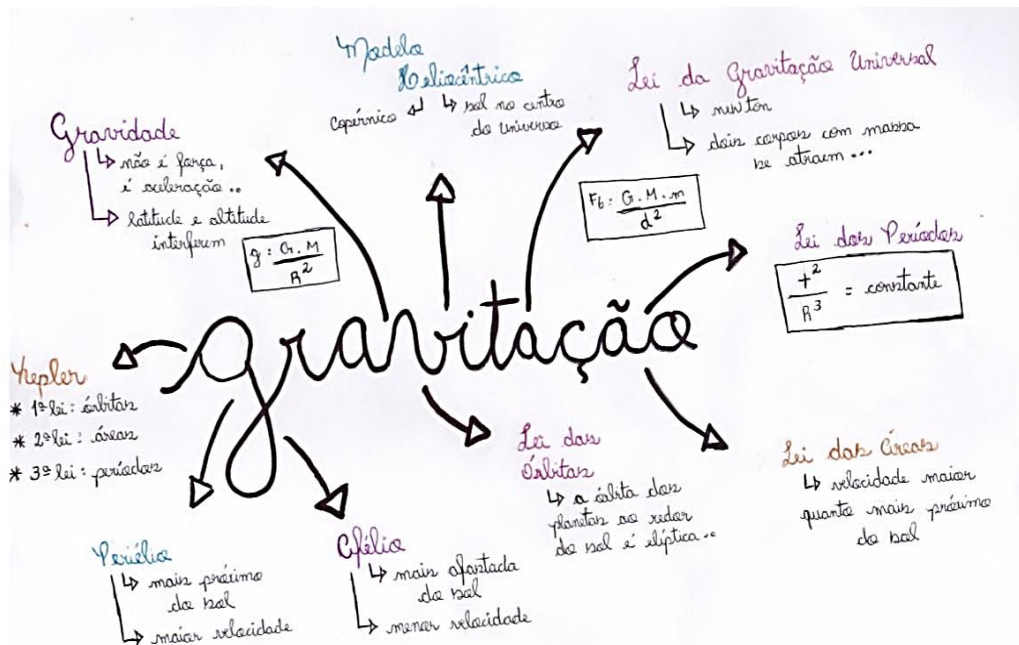
Figura 11 - Mapa mental construído como referência



Fonte: Autoria própria (2021)

Assim, só consideramos os mapas com abrangência dos assuntos aqueles que apresentaram os conceitos físicos mais importantes, como as leis de Newton, as leis de Kepler e a lei da Gravitação Universal, como apresentado na imagem 2.

Figura 12 - Mapa mental construído pelo aluno 6



Fonte: Aluno 6 (2021)

Quanto ao critério de estabelecimento de relações entre conceitos podemos dizer que 9 dos 10 alunos (90%) participantes conseguiram estabelecer a relação entre os conceitos, visto que além dos conteúdos de Física, também foram capazes

de trazer para seus mapas palavras que mostravam as relações interdisciplinares estabelecidas em sua estrutura de pensamento como, apresentado na imagem 3.

Figura 13 - Mapa mental construído pelo aluno 1



Fonte: Aluno 1 (2021)

É importante perceber que além dos conceitos físicos o aluno 1 apresenta em seu mapa termos como: corrida espacial, guerra fria, segunda guerra mundial, cita o filme assistido estrelas além do tempo e explicita a palavra interdisciplinaridade. Podemos dizer que para o aluno 1 o termo indutor do mapa gravitação representa mais do que apenas conteúdos de Física, e isso é o que consideramos importante no processo de aprendizagem.

Esta amostra deixa evidente que a maioria dos alunos conseguiram estabelecer em suas mentes uma organização para os novos conceitos apreendidos e construir relações de dependência entre eles.

Quanto a inserção de ideias próprias, percebemos uma dificuldade por parte dos alunos, apenas 50% deles conseguiram apresentar as mesmas em algum lugar do mapa. Essa dificuldade de acordo com Viacelli (2020), pode ser fruto da dependência criada no processo de ensino mecânico ao qual eles foram submetidos ao longo dos anos de estudos escolares.

Mesmo o professor oferecendo aulas planejadas no intuito de promover a autonomia e o protagonismo estudantil, esse processo de mudança pode ser lento, em virtude de necessitar um movimento mental de reconstrução e reorganização da sua estrutura cognitiva (VIACELLI, 2020, p. 82).

Em relação ao uso de técnicas, pôde-se observar que, 70% dos alunos conseguiram utilizá-las na elaboração de seus mapas. É importante ressaltar que houve um anteriormente uma explicação prévia de como deveria ser construído um mapa mental e da importância da utilização das técnicas para a organização dos conceitos em sua estrutura de pensamento.

Após a análise dos mapas mentais buscando evidenciar os critérios estabelecidos por Novak e Gowin (1984) e Buzan (2009), criamos uma nuvem de palavras, imagem 4, com todos os termos apresentados em cada um dos 10 mapas mentais, a fim de fazer a análise dos assuntos mais abordados pelos sujeitos participantes e obter os termos que se destacaram em suas estruturas de pensamento.

Figura 14 - Nuvem de palavras estabelecida a partir dos termos apresentados pelos alunos nos seus respectivos mapas mentais



Fonte: Autoria própria (2021)

A partir da nuvem de palavras representada na imagem 4, é possível inferir que os alunos de maneira geral ressaltaram as leis físicas pois, as palavras mais destacadas na nuvem são: Leis, Newton, Kepler, que podemos inferir seriam as Leis das Órbitas, das Áreas, dos Períodos seguida pelas leis três leis do movimento de Newton.

Também conseguimos perceber que os alunos estruturaram em seus pensamentos alguns conceitos de Física estudados durante a implementação da

proposta, tais conceitos são representados pelas palavras: Força, Gravidade, Geocêntrico, Heliocêntrico, Periélio, Afélio, também apresentadas na nuvem.

Por fim evidenciamos que os alunos conseguiram estabelecer relações interdisciplinares para o tema gravitação universal a partir das palavras: Astronomia, Guerra, Fria, União, Soviética, EUA, Confronto, Nasa, Cientista, Machismo.

De maneira geral, observamos a partir dos mapas mentais e da nuvem de palavras que os alunos conseguiram estabelecer relações importantes sobre os conceitos de Física estudados, bem como perceber as relações interdisciplinares estabelecidas com os mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve por objetivo a elaboração de um material didático pedagógico na área da Astronomia, sobre Gravitação Universal, a fim de proporcionar aos alunos do Ensino Médio uma proposta interdisciplinar.

Durante a implementação dessa proposta envolvemos práticas e posturas interdisciplinares, que foram incorporadas como um pressuposto intrínseco de uma prática pedagógica que permitiu aos alunos enxergarem a sua realidade no contexto escolar, estabelecer conexões mais complexas entre os conhecimentos específicos e as situações do cotidiano.

A partir dos dados obtidos por meio do questionário final, podemos inferir que o diálogo realizado, os questionamentos, o trabalho interdisciplinar colaboram para a superação das concepções alternativas dos alunos, ultrapassando as barreiras do senso comum para um conhecimento mais elaborado.

Um aspecto relevante que se destacou nesse trabalho, foi a construção de um ambiente de ensino e aprendizagem, com momentos e eventos que estimularam a participação dos alunos de maneira democrática, promovendo interações sociais extremamente proveitosas, o que de acordo com Gagné é fundamental para que ocorra a aprendizagem.

Quanto a implementação da proposta, que foi de maneira remota, tivemos uma boa aceitação da turma, sendo comprovado por meio dos relatos escritos e verbais dos alunos ao afirmarem que gostaram das aulas, pois foram momentos produtivos e que serão observados nas situações do cotidiano que envolvem o Ensino de Física, com um olhar diferente a partir das discussões promovidas em sala.

Este estudo indicou que o uso das metodologias ativas pode colaborar para uma abordagem diferenciada no Ensino de Física, conforme mostramos no decorrer do nosso trabalho. A utilização da sala de aula invertida facilita a avaliação da aprendizagem quando o professor e aluno passam a interagir em espaços e tempos não formais. Dessa forma, o aluno estuda antes da aula e ela se torna um lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas, favorecendo a capacidade de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e a situações vivenciadas no dia a dia.

A inserção da metodologia da Sala de Aula Invertida durante as aulas de Física foi algo desafiador, pois, sabemos que os recursos tecnológicos oferecidos são

escassos e a sua implantação depende de uma estrutura que as escolas ainda não possuem. A implementação dessa proposta com recursos e tecnologias pretendeu contribuir com uma educação pública de qualidade, desejando proporcionar um aprendizado significativo aos alunos que participaram ativamente deste trabalho

Diante do contexto de aulas remotas, propostas como estas tendem a contribuir com os aprendizados dos alunos, aproximando os alunos e docentes, além de ser uma medida que atende a necessidade momentânea, mas que deixará aprendizado e podem ser utilizados como instrumento para auxiliar na disciplina de física. Além de contribuir para melhor compreensão das teorias estudadas em sala de aula, proporcionando a integração da tecnologia para motivar os alunos a se interessarem mais por essa área de conhecimento.

Apesar da proposta ter sido aplicada em um curto período, a experiência foi bem sucedida e deu o estímulo para continuar e inovar a prática na sala de aula com estas e outras metodologias.

Esperamos que os professores de Física da Educação Básica possam explorar essa proposta, para nortear o tema abordado de acordo com sua realidade, utilizando as diversas ferramentas didáticas apresentadas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P., OLIVEIRA, C. E. Q. V., Astronomia nos livros didáticos de ciências – uma análise do pnd 2008 **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n. 12, p. 31-55, 2011. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/162>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.25, nº 2, São Paulo, junho 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKGDsXw5Dy4R/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- ARAUJO, A. V. *et al.* Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, (39). 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4SsrkHKnBnv4fHnYQWSs5vr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Rio de Janeiro: Edições 70, 1977.
- BATISTA M. C. **Um estudo sobre o ensino de Astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**. 2016. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- BATISTA. M. C. FUSINATO, P., A., BLINI, R., B., Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/download/380/380>. Acesso em: 18 mar. 2020.
- BATISTA, M. C.; PEREIRA, R. F. A relação do jogo com a motivação dos alunos do 7º ano para o estudo da Astronomia. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, III, 2014, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba, 2014. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/snea3/?q=snea2014_resumo_CP10. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BATISTA M. C., FUSINATO P. A., RAMOS F. P. Contribuições de uma oficina de Astronomia para a formação inicial de professores dos anos iniciais. **Revista Ensino, Saúde e Ambiente**, V10 (2), p. 107-128, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/download/21265/12737/77700>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- BATISTA M. C.; CONEGLIAN, D. R.; ROCHA, D. R. Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 1, nº 1, p. 107-122, 2018. Disponível em: <http://revistapontes.com.br/category/1-2018/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BERGMANN, J; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BERNARDES, T. O.; IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F. Metodologia para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 103-117, abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p103>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto – Portugal. Porto Editora, 1994.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 25ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, (Belo Horizonte), vol. 18, núm. 1, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/mhnc5kG5WVLGNZMsBwwVbBJ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BUENO, C. **Imagens de crianças, ciências e cientistas na divulgação científica para o público infantil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Divulgação científica) – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2012.

BUFFON, A. D. **Ensino da Astronomia nos anos finais do ensino fundamental: uma abordagem fenomenológica**. 2020. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

BUZAN, Tony. **Mapas Mentais**/Tony Buzan [Tradução de Paulo Polzonoff Jr.]. Rio de Janeiro, 2009. Ed. Sextante.

CACHAPUZ, A. F., PRAIA, J. e JORGE, M. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino de Ciências** (Temas de Investigação, 26), Ministério da Educação, Lisboa, 2002.

CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A.M.P.; PEREZ, D.G. **A necessária renovação no ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CASTRO, I. A.; CASTILHO, W. S. **Sala de aula invertida: Roteiro didático: o uso da videoaula no ensino de sociologia**. – Palmas, TO, 2020.

CANALLE, J.B.G, O problema do ensino da órbita da Terra. **Física na Escola**, v. 4, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a06.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CARRASCOSA, J., PEREZ, D.; VALDÉS, P. **Como ativar a aprendizagem significativa conceitos e teorias?** Santiago: OREALC / UNESCO, 2005.

CHAPLIN, C. **Vida e Pensamentos**. Editora Martin Claret. p.118, 1997.

CONFORTIN, C. K. C; IGNÁCIO, P; & COSTA, R. M. Uma aplicação da sala de aula invertida no ensino de física para a Educação Básica. **Revista Educar Mais**, v.2, n.1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1231>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DAMINELI, A.; STEINER, J. **O Fascínio do universo**. São Paulo: Odysseus Editora, 2010.

DAROS, T. Metodologias ativas: aspectos históricos e desafios atuais. *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 257 - 271, (2004). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FZS39VjZZRrY44gywMqqcQr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

FAGUNDES, A. L. **Avaliação de uma hipermídia educacional sobre as fases da Lua**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

FAZENDA, I.C.A. (org). **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: Efetividade ou ideologia**. 6, ed. Loyola Jesuítas: São Paulo, 2011.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias Inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

FRANCISCO C. A. **Análise de dissertações e teses sobre o ensino de química nos programas de Pós-Graduação em ensino de ciências e matemática- Área**

46/ Capes (2000-2008). 2011. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

FREIRE JUNIOR, O.; MATOS FILHO, M.; Valle A. L. Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional. **Física na Escola**, v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/artigos/exposicao_didatica.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

GAGNÉ, R. M. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Tradução de Rute V. Ângelo. Porto Alegre: Globo, 1980.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GOMES, E. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização das metodologias ativas no ensino superior. **Arquivos Do Mudi**, v.24, n.3, p. 305-314, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55520>. Acesso em: 18 jun. 2020.

GOMES, E. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. O estudo das ondas eletromagnéticas a partir do enfoque CTS: uma possibilidade para o Ensino de Física no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v.8, n.1, p. 109-125, 7 abr. 2017. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1235>. Acesso em: 18 jun. 2020.

JAPIAUSSI, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 220 p.

LANGHI, R. **Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para Astronomia observacional**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2011. 132p.

LANGHI, R. **Ideias de senso comum em Astronomia**. In: Observatórios Virtuais. São Paulo: IAG/USP, 2005. CD-ROM.

LANGHI, R. & NARDI, R. A Educação em Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: identificando algumas trajetórias formativas de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 14. 2008, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: PUCRS, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/rBkGV5RCPZbFxfX6mBP5hgD/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.24, n.1, p.87-111, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, Limeira, n.2, p.75-92, 2005. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/60>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LUCIANO, A.; FUSINATO, P. A. Concepções acerca da inclusão de um laboratório de acesso remoto com experimentos de física contemporânea. **Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 174-191, jan./abr. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5623>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MANACORDA, M.A. Max e a pedagogia moderna. São Paulo: Cortez, 1991.

MATTAR, J. **Metodologias ativas: para a educação presencial, blended e a distância**. São Paulo: Artesenato Educacional, 2017.

MENEZES L. P. G.; BATISTA, M. C. Concepções de mestrandos em ensino de física sobre o sistema solar sob a perspectiva das leis de Kepler. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 2, p. 352-373, maio-agosto, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10000>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MICHA, D. N. Fotos da Lua pelo Mundo: um projeto observacional registrado em fotografia sobre como as fases da Lua se comparam quando observadas dos Hemisférios Norte e Sul. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 40, p. e3310, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/mrFbFVf4HTfRh9XdYjSjhmP/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MINAYO, M.C. de S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 22^a ed. Rio de Janeiro, Vozes, 2003.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**. v.32, n. 94, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152679>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. **Qurriculum**, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB. 2006. 185p.

NASA. World Wind website. https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast30jun_1m. Acesso em 08 mar. 2021.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Coleção: Explorando o ensino**. V. 11. Brasília: MEC, SEB; MCT, AEB, 2009. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc_download&gid=4233&Itemid=. Acesso em: 18 jun. 2020.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/#gsc.tab=0> . Acesso em 09 jan. 2021.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida: inovando as aulas de física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

OLIVEIRA, A. A. **Contribuições de um curso de formação continuada em Astronomia para professores de ciências dos anos finais do ensino fundamental**, 2020. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

ORTIZ, A. J. *et al.* Representações sociais de alunos do final do ensino médio sobre Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 27, p. 79-91, 2019. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/393>. Acesso em: 18 jun. 2020.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica**. Curitiba: Seed/DEB-PR, 2008. Disponível em: <http://www.educacao.pr.gov.br/Pagina/DCE-2008-2019>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PEDUZZI, L. O. Força e Movimento na Ciência Curricular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, p. 87-93, 1992. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a15.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PERCY, J. R. Astronomy Education: an international perspective. **Astrophysics and Space Science**, v. 258, 1998, p. 347-355. Disponível em:

<https://www.proquest.com/docview/750854941?accountid=26636>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PEREIRA, R. F.; BATISTA, M. C. Conhecendo o sistema solar: um jogo para o ensino de Astronomia. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA*, X, 2017, Maringá. **Anais [...]**, Maringá: Unicesumar, 2017. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/1229/1/epcc--79435.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PIETROCOLA, M. *et al. Física em contextos*. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v.1.

PONCZEK, R. L. Da bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evoluções das ideias da física**. 1ed.Salvador: EDUFBA, 2002, v. 1, p. 21-135.

PORTO, C.M.; PORTO, E M.B.D.S.M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4601, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/304601.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L.v. **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Gradiva. 1988.

REIS, P.; RODRIGUES, S.; SANTOS, F. Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n.1, p.51-74, 2006. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/255617108_Concepcoes_sobre_os_cientistas_em_alunos_do_1_ciclo_do_Ensino_Basico_Pocoas_maquinas_monstros_invencoes_e_outras_coisas_malucas. Acesso em: 18 jun. 2020.

ROONEY, A. **A história da Astronomia**. Editora: M. Books do Brasil. Ed, 2018.

ROSA, C. W.; PEREZ, C. A. S.; DRUM, C. Ensino de física nas séries iniciais: concepções da prática docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p.357-368, 2007. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/465/269>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p.333- 352, 2008. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/445/263>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SIEMSEN, G. H.; LORENZETTI, L. A Pesquisa em Ensino de Astronomia para o Ensino Médio. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 185-207, out./dez. 2017. Disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/download/6838/4679>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SILVA, O. B.; QUEIROZ, S. L. Mapeamento da pesquisa no campo da formação de professores de Química no Brasil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IX, 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013. Disponível em:

http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0624-1.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

SISTEMAS: Geocêntrico e Heliocêntrico. **Geo - Conceição**, 2012. Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetas-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em 20/10/2020.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (orgs).

Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018, p. 26-44. Disponível em:

<https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

VERDET, J. P. **Uma História da Astronomia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 1991.

VIACELLI, K. A. G. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de eletricidade com o uso de atividades experimentais e simuladores educacionais**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

VIEIRA, G. C; PAGANOTTI, A.; VOELZKE, M. R. **A utilização do software stellarium como recurso didático para o ensino de tópicos de Astronomia no ensino médio**. IV Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – IV SNEA – Goiânia, GO. 2016. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016_TCO19.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

VIGLUS, Darcy. **O filme na sala de aula: um aprendizado prazeroso**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1532-8.pdf> . Acesso em 10 jan. 2021.

YIN, R. K. **Pesquisa Qualitativa do início ao fim**. Editora: Penso Editora, 2016

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., **Física II**, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE A - Questionário inicial

QUESTIONÁRIO INICIAL

Aluno (a): _____

Em cada questão você terá uma afirmação sobre diferentes conteúdos, você só precisa marcar se concorda com a afirmação, se tem dúvidas ou se discorda da afirmação.

01. No dia 20 de julho de 1969, Neil Armstrong tornou-se o primeiro homem a pisar na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

02. O homem nunca pisou na lua e, isso não passa de uma conspiração dos norte-americanos, pois, se Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua e temos imagens dele desembarcando, então quem fez a filmagem?

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

03. Apenas os três homens da missão Apollo 11 pisaram na lua até hoje.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

04. Guerra fria foi uma guerra sangrenta entre Estados Unidos e União Soviética que aconteceu na Rússia durante um rigoroso inverno.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

05. A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias de dinheiro com o intuito de promover a exploração do espaço.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

06. Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

07. Os Estados Unidos e a União Soviética foram as únicas nações que já pousaram sondas na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas

Discordo plenamente

08. A Lua é um satélite natural, mas também existem os satélites artificiais, os quais são feitos pelo homem.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

09. A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a fazer uma viagem espacial.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

10. O primeiro satélite artificial lançado ao espaço foi o Sputnik.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

11. A primeira lei de Newton estabelece que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme sempre que a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

12. Força é uma grandeza vetorial, pois, ao empurrarmos um objeto, esse “empurrão” possui valor numérico, direção e sentido.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

13. Sem força não é possível existir movimento.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

14. A força de atração do Sol sobre a Terra é igual, em intensidade e direção, à força de atração da Terra sobre o Sol.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

15. Observando as imagens abaixo concluímos que o personagem A é mais forte que o personagem B.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente



Personagem A



Personagem B

16. A segunda lei de Newton diz que a aceleração que sobre um corpo é diretamente proporcional a força resultante que age sobre ele e, inversamente proporcional à sua massa.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

17. Inércia pode ser entendida como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior sua inércia.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

18. A Lei da Gravitação Universal nos mostra que corpos massivos têm a capacidade de se atraírem por uma força mútua denominada de força gravitacional. Sendo assim, podemos concluir que a Terra atrai a Lua e a Lua atrai a Terra com uma determinada força

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

19. No dia 20 de junho de 2020 teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

20. Você já estudou no Ensino Médio os temas Satélites e foguetes?

- Muitas vezes
- Poucas vezes
- Nunca

APÊNDICE B - Produto Educacional

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA
INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal

TAISY FERNANDES VIEIRA

CAMPO MOURÃO

2021

TAISY FERNANDES VIEIRA

**PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA
INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Peres Ramos

CAMPO MOURÃO

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	04
1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM A PARTIR DO PENSAMENTO DE GAGNÉ	05
2 A INTERDISCIPLINARIDADE COMO PERSPECTIVA TEÓRICA	10
3 A PROPOSTA DA SALA DE AULA INVERTIDA COMO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	13
4 PROPOSTA PARA O PROFESSOR.....	17
Questionário inicial.....	26
Módulo 1: Discussão e análise do filme Estrelas Além do Tempo.....	30
Módulo 2: Corrida Espacial	36
Módulo 3: As Leis de Newton e o Princípio de Funcionamento dos Foguetes	40
Módulo 4: História da Astronomia.....	54
Módulo 5: Leis de Kepler.....	62
Módulo 6: A Lei da Gravitação de Newton e suas aplicações.....	70
CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO.....	86
REFERÊNCIAS.....	87

INTRODUÇÃO

Pensando no cenário educacional e o momento atual que a sociedade está inserida, é que nos motivamos a buscar por técnicas e estratégias de ensino que pudessem despertar a atenção do aluno para o estudo da Física bem como promover uma aprendizagem efetiva.

Nesse sentido buscamos apoio teórico no ensino remoto intencional, que por sua vez se difere do ensino a distância (EAD), visto que no ensino remoto intencional o professor da turma planeja as ações da aula, executa, acompanha o desenvolvimento dos alunos, tira suas dúvidas e avalia. Nesse ensino cada turma é única, diferente do EAD que acontece em rede, a mesma aula é ministrada para diferentes regiões do país, o professor não conhece seus alunos, não os acompanha e todo o processo se dá a partir de tutores que muitas vezes nem possuem formação para tal.

Essa proposta didática foi produzida com o intuito de contribuir com os professores de Física que ministram o conteúdo de Gravitação Universal, todo o conteúdo está direcionado para o Ensino Médio. A proposta está construída tendo como aporte teórico a teoria de aprendizagem de Gagné, a perspectiva teórica da interdisciplinaridade e a metodologia ativa conhecida como sala de aula invertida.

Nossa proposta pode ser adequada sempre que houver necessidade, esperamos que a mesma contribua de maneira positiva com a área de Ensino de Física.

1

O ENSINO E A APRENDIZAGEM A PARTIR DO PENSAMENTO DE GAGNÉ

Segundo Moreira (1999), a teoria de ensino e aprendizagem de Gagné pode ser classificada como uma transição entre as teorias behavioristas e cognitivistas, uma vez que incorpora elementos das duas teorias.

De acordo com esse autor, a aprendizagem é uma modificação na disposição ou na capacidade cognitiva do homem que não pode ser simplesmente atribuída ao processo de crescimento.

Para Ostermann e Cavalcanti (2011), a aprendizagem é ativada pela estimulação do ambiente exterior (*input*) e provoca uma modificação do comportamento que é observada como desempenho humano (*output*). Mas, ao contrário de Skinner (e outros behavioristas), Gagné se preocupa com o processo de aprendizagem, com o que se realiza “dentro da cabeça” do indivíduo.

Com isso, ele distingue entre eventos externos e internos da aprendizagem, sendo o primeiro a estimulação que atinge o estudante e os produtos que resultam de sua resposta e o último são atividades internas que ocorrem no sistema nervoso central do estudante (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Os eventos internos compõem o ato de aprendizagem e a série típica desses eventos pode ser analisada por meio das seguintes fases: fase de motivação (expectativa), fase de apreensão (atenção; percepção seletiva), fase de aquisição (entrada de armazenamento), fase de retenção (armazenamento na memória), fase de rememoração (recuperação), fase de generalização (transferência), fase de desempenho (resposta) e fase de retroalimentação (reforço).

De acordo com Gagné (1975), a aprendizagem estabelece estados persistentes no aprendiz, os quais ele chama de capacidades humanas (que são: informação verbal, habilidades intelectuais, estratégias cognitivas, atitudes e habilidades motoras).

Para Gagné (1975), a aprendizagem passa por processos atingidos por meio de eventos de aprendizagem que, quando estimulados externamente, travam um conflito interno não observável, porém validados por meio da mudança de comportamento que por sua vez pode ser verificado.

Segundo Gagné (1975), a aprendizagem é uma força interior que, por sua vez, tenta integrar conceitos básicos das teorias cognitivas e comportamentais. Isso quer dizer que, de acordo com essa teoria, existem diferentes níveis de aprendizado. Este diz que o aprendizado pode ser organizado em hierarquias, que variam conforme a complexidade.

Neste contexto, Bordenave e Pereira (2004), alegam que embora tenha adotado uma teoria mais cognitivista, Gagné ainda mantinha uma relação entre aprendizagem e comportamento, na qual insistia em comprovar a aprendizagem mediante a resposta ao ato ensinado, avaliando a eficácia do comportamento dado como aprendizagem.

Na perspectiva gagniana, a aprendizagem ocorre dentro de cada um, “dentro do cérebro de cada pessoa”. Moreira (1999), discorrendo sobre Gagné, afirma o processamento da informação procura a todo ciclo de aprendizagem buscar indícios de conceitos anteriormente adquiridos (conhecimentos prévios), não estabelecendo um processo cumulativo de conhecimento, mas sim complementar e aprimorado.

A função de ensinar, para Gagné, é organizar as condições exteriores próprias à aprendizagem com a finalidade de ativar as condições internas. Nesse sentido, cabe ao professor promover a aprendizagem por meio da instrução que consistiria em um conjunto de eventos externos planejados com o propósito de iniciar, ativar e manter a aprendizagem do aluno.

Na teoria de Gagné, segundo Moreira (1999), as habilidades mais simples que representam os “pré-requisitos imediatos” podem ser analisadas para identificar habilidades ainda mais simples, o que aponta serem tais habilidades hierarquizadas.

Com relação à instrução e ao papel do professor, por se tratar de uma teoria que prevê mudança comportamental persistente, a fase da aprendizagem existe de um ou mais processos internos, no sistema nervoso central do aluno, que transformam a informação até que o aprendiz responda com um desempenho. Tais processos internos podem ser influenciados por eventos externos, por estimulação do ambiente do indivíduo.

Nessa perspectiva, a instrução é atividade de planejamento e execução de eventos externos à aprendizagem, com a finalidade de influenciar os processos internos

para atingir determinados objetivos. Os objetivos são as capacidades a ser aprendidas. Segundo Gagné:

A compreensão de que a aprendizagem depende, em grande parte, dos acontecimentos que se realizam no ambiente com o qual o indivíduo interage, torna possível encará-la como uma ocorrência que pode ser examinada mais de perto e compreendida mais profundamente. Aprendizagem não é apenas o fato que se dá naturalmente, é, também, um acontecimento que ocorre sob determinadas condições que podem ser observadas (GAGNÉ, 1975, p. 02).

Logo, cabe ao docente a tarefa de promover a aprendizagem por meio da instrução, planejando-a, administrando-a e avaliando-a quanto à sua eficácia por meio da avaliação da aprendizagem do aluno.

As fases determinadas por Gagné servem como norte para professores. São fases baseadas nos estímulos necessários para o cérebro reter seja qual for a informação, começando com "chamar a atenção dos ouvintes", passando pela apresentação dos objetivos e promoção da prática, até a retenção e possibilidade de transferência do conhecimento.

Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné (1975) propôs que em qualquer processo de aprendizagem, esteja presente uma sequência de nove eventos de instrução, divididos em três categorias (preparação, desempenho e transferência de conhecimento), que servem de guia para o trabalho.

Categoria 1: Preparação

Evento 1 - *Ganhar a Atenção*: O primeiro evento instrucional proposto por Gagné destaca a necessidade de ganhar a atenção do aluno, de modo a despertá-lo para a importância de aprender sobre determinado conteúdo. Por exemplo: fazendo uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse, colocando um problema que desperte o interesse imediato do aluno.

Evento 2 - *Descrever os objetivos*: Mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento. Conhecendo essa necessidade humana de saber o porquê dos fatos, Gagné inclui um momento para explicitar o objetivo e utilidade do objeto de estudo que será aprendido na aula. Esse objetivo deve estar exposto permanentemente durante a aula, para o caso de os alunos perderem o foco e precisarem ser redirecionados ao propósito do aprendizado.

Evento 3 - *Estimular a conexão com o conhecimento anterior*: Estimular a memória e as anteriores aprendizagens (pré-requisitos). Para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções básicas dos conteúdos a serem trabalhados.

Categoria 2: Desempenho

Evento 4 - *Apresentar o material a ser aprendido*: Por meio de simulações, demonstrações, aula expositiva, dialogada, entre outras.

Evento 5 - *Orientar a aprendizagem*: O quinto evento busca proporcionar ao aluno orientação para a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os estudantes a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a codificação semântica (verbalização). Esse evento é importante ter como subsídio algumas questões norteadoras, que permite aos alunos um trabalho em grupo e com um enfoque investigativo, possibilitando um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1980), poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Evento 6 - *Propiciar desempenho*: O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem por meio do estímulo à memorização, às aplicações, resumos e generalizações.

Evento 7 - *Dar feedback*: Informar, de forma imediata, se o estudante aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados que seriam uma espécie de devolutiva ou de avaliação do aluno acerca do seu desempenho nas diferentes atividades da aplicação, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem.

Categoria 3: Transferência de Conhecimento

Evento 8 - *Avaliar o desempenho*: O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, existem diferentes formas de avaliação, em atenção à necessidade de diversificação, de modo a possibilitar que os alunos possam exercitar seus conhecimentos em tarefas distintas e com objetivos igualmente diferenciados.

Evento 9 - *Generalização*: O novo e último evento instrucional refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido, atuando em diferentes contextos de prática. Assim é possível aumentar a retenção e facilitar a transferência do conhecimento e aplicação do conhecimento a outras situações que não aquelas vistas no processo de aprendizagem.

2

A INTERDISCIPLINARIDADE COMO PERSPECTIVA TEÓRICA

A interdisciplinaridade vem se destacando cada vez mais no cenário da educação, visto que pelo fato de estar associado à busca de uma aprendizagem mais significativa. No Brasil, esse termo ficou conhecido no final da década de 1960, com objetivo de integrar o ensino entre as áreas do conhecimento.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, a interdisciplinaridade deve ir além da junção de disciplinas, ou seja, é necessário que haja uma conexão entre as disciplinas do currículo, facilitando a aprendizagem por parte do aluno (BRASIL, 2000).

De acordo com os PCNEM, os objetivos propostos da interdisciplinaridade é estabelecer relações com as disciplinas em projetos ou atividades, de modo que seja uma prática pedagógica que contribua de forma didática para a Educação Básica (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, Lück (2001) ressalta que:

Interdisciplinaridade é o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo e serem capazes de enfrentar os problemas complexos, amplos e globais da realidade atual (LÜCK 2001, p. 64).

Em decorrência do anseio por essa nova abordagem no ensino não só se faz importante conhecer as diversas visões sobre o conceito de interdisciplinaridade, como

também compreender a diferença entre as abordagens multidisciplinar, pluridisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar, como forma de demonstrar a relevância, complexidade, variação e interação entre as distintas disciplinas presentes no currículo escolar, pois, tais abordagens tem causado muita confusão no ambiente escolar, principalmente entre educadores que vieram de uma formação tradicional (BATISTA et al., 2018).

Santomé (1998) conceitua alguns termos:

a) Multidisciplinar – É um modelo fragmentado, cujo estudo acontece de maneira simultânea, os conteúdos são apresentados para os alunos sem que apareça alguma relação ou cooperação entre eles, sem a necessidade de estarem relacionadas entre si.

b) Pluridisciplinar – É quando se aproxima disciplinas parecidas nos domínios do conhecimento, formando-se áreas de estudo com menor fragmentação;

c) Interdisciplinar - Visa o agrupamento de diversos ramos do conhecimento, seguindo um objetivo em comum, buscando a integração do conhecimento significativo. Acontece por meio de projetos contextualizados que propõem mudanças de paradigmas conceituais principalmente nas aulas dialogadas, na forma de pensar e o agir do fazer pedagógico.

d) Transdisciplinar - quando há coordenação de todas as disciplinas num sistema lógico de conhecimentos, com livre trânsito de um campo de saber para outro, porém não é possível separar as matérias.

Segundo Batista et al. (2018), nos documentos que regem a educação brasileira, pode-se verificar fortemente a presença da interdisciplinaridade, que de forma geral pode ser entendida como um princípio curricular central, ou seja, é o princípio que pode produzir uma mudança na forma como o ensino acontece. É importante que se entenda que quando se fala em interdisciplinaridade na escola, não existe a intenção de se criar um novo saber a fim de ser incorporado no currículo, mas sim, de utilizar os conhecimentos das diferentes áreas para se compreender um assunto ou fenômeno sob diferentes perspectivas.

Na abordagem histórica da interdisciplinaridade, segundo Santomé (1998), a prática pedagógica do professor quando se dá via interdisciplinaridade, favorece ao aluno novas experiências voltadas as práticas cotidianas articuladas com a realidade social, presentes na escola, comunidade e principalmente no meio ambiente.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a Educação Básica (BRASIL, 2013):

[...] a escola precisa acolher diferentes saberes, diferentes manifestações culturais e diferentes óticas, empenhar-se para construir, ao mesmo tempo, um espaço de heterogeneidade e pluralidade, situada na diversidade em movimento, no processo tornado possível por meio das relações intersubjetivas, fundamentada no princípio emancipador. Cabe, nesse sentido, às escolas, desempenhar o papel socioeducativo, artístico, cultural, ambiental, fundamentadas no pressuposto do respeito e da valorização das diferenças, entre outras, de condição física, sensorial e socioemocional, origem, etnia, gênero, classe social, contexto sociocultural, que dão sentido às ações educativas, enriquecendo-as visando a superação das desigualdades de natureza sociocultural e socioeconômica (BRASIL, 2013, p.27).

A concepção de interdisciplinaridade presente nessas diretrizes indica um entendimento de escola interdisciplinar, em que todos âmbitos e profissionais trabalhem cooperativamente e em conjunto para o desenvolvimento de uma prática não fragmentada.

Para Batista et al. (2018), a interdisciplinaridade torna a aula mais dinâmica, buscando modificar o processo tradicional de ensino a fim de despertar no aluno a predisposição para aprender, sempre se utilizando de meios para relacionar o seu conhecimento prévio, da sala de aula ou cotidiano, com os novos conceitos apresentados pelo professor, e principalmente buscando compreender como as diferentes áreas do conhecimento.

Diante desse contexto destacamos também que o estudo de astronomia é algo que desperta a curiosidade das pessoas em relação as novas descobertas sobre a dimensão do Universo e à origem da vida humana.

Nesse sentido, Bernardes, Iachel e Scalvi (2008) afirmam que a Astronomia é uma ciência capaz de despertar a curiosidade dos alunos, pois esta é uma disciplina que abrange diversas áreas e por isso vale a pena interdisciplinar as matérias do currículo escolar a fim de auxiliar os alunos a assimilarem os conteúdos entre elas.

Diante desse contexto as habilidades dos alunos podem ser exploradas utilizando o tema astronomia de um modo criativo, promovendo a interdisciplinaridade na escola e ensinando Matemática, Física, Química, Filosofia, História, Sociologia e Geografia dentro de contextos significativos, relacionando a ciência ao conhecimento científico.

3

A PROPOSTA DA SALA DE AULA INVERTIDA COMO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Em geral o processo de ensino acontece de forma tradicional, que geralmente seguem o modelo da instituição de ensino, com o simples propósito de repassar o conteúdo, colocando os estudantes como mero receptor.

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos, o cenário da educação ainda é pautado no modelo tradicional. Esse modelo de ensino não tem atendido mais as necessidades educacionais e formativas dos alunos, havendo a necessidade de buscar caminhos alternativos que torne o aprender ativo, interessante e contextualizado (DAROS, 2018).

Diante desse cenário, Daros (2018) ressalta que devemos criar condições de uma participação mais ativa dos alunos, pois isso implica a mudança de prática e o desenvolvimento de estratégias que garantam a organização de um aprendizado mais interativo e intimamente ligado com situações reais. É necessário deslocar o centro do aprendizado para o aluno, de modo que ele assuma o protagonismo da aquisição de seus conhecimentos.

A partir disso, Valente (2018) diz que:

Após mais de 100 anos, os processos de ensino e aprendizagem estão cada vez mais tendendo para o uso de metodologias ativas, em vista da quantidade de informação hoje disponível nos meios digitais e das facilidades que as tecnologias oferecem na implantação de pedagogias alternativas. Com isso, está ficando cada vez mais claro que a função do professor como transmissor de informação não faz mais sentido, especialmente nos cursos de graduação (VALENTE, 2018, p. 28).

Neste sentido, as metodologias ativas são consideradas alternativas aliadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em qualquer nível de ensino. Quando nos referimos a elas entende-se que estamos abordando um novo conjunto de estratégias que auxiliam no processo de ensino aprendizagem (GOMES, 2020).

Essas abordagens descritas apresentam elementos que nos remete a pensar em um aprendizado que envolva a participação dos alunos. Para isso Filatro e Cavalcanti (2018) caracterizam as metodologias ativas, como:

[...] estratégias, técnicas, abordagens e perspectivas de aprendizagem individual e colaborativa que envolvem e engajam os estudantes no desenvolvimento de projetos e/ou atividades práticas. Nos contextos em que são adotadas, o aprendiz é visto como um sujeito ativo, que deve participar de forma intensa de seu processo de aprendizagem (mediado ou não por tecnologia), enquanto reflete sobre aquilo que está fazendo (FILATRO; CAVALCANTI, 2018, p. 12).

Para que as metodologias ativas proporcionam um aprendizado é preciso que os alunos apoiem a proposta, comprometendo-se com o desafio. Para tanto, antes de iniciar a proposta é essencial que o professor/mediador explique o funcionamento do método, orientando a forma de como vai acontecer e o tempo que isso levará (MATTAR, 2017).

Dentre as diversas formas de metodologias ativas de aprendizagem, iremos destacar a Sala de Aula Invertida (SAI), proposta intitulada “*Flipped Classroom*” sendo uma abordagem de ensino remoto intencional inicialmente criada a fim de diminuir a evasão escolar em uma escola rural nos Estados Unidos.

A abordagem por meio de metodologias ativas, como a metodologia da Sala de Aula Invertida representa um grande desafio para todos os níveis de ensino, principalmente na Educação Básica.

A sala de aula invertida é um tipo de metodologia ativa que inverte a lógica tradicional de ensino, é um modelo no qual ocorre a rotação entre a prática supervisionada presencial pelo professor (ou trabalhos) na escola e a residência ou outra localidade fora da escola para aplicação do conteúdo e lições online (CASTRO; CASTILHO, 2020).

O uso da Sala de Aula Invertida com a associação das tecnologias é uma das abordagens que pode levar a uma aprendizagem significativa, baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA, 2012).

Segundo Moreira (2012), a teoria da Aprendizagem Significativa foi criada por David Paul Ausubel em meados dos anos 60, esta acontece quando o aprendiz consegue significar os conceitos que estão sendo aprendidos, levando em consideração os atributos pessoais. Sendo assim, uma aprendizagem que não leva em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, não pode ser considerada aprendizagem significativa, e sim mecânica, que é aquela em que os conceitos aprendidos não interagem com os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva.

Deste modo, o desenvolvimento da estratégia da sala de aula invertida pode potencializar o aprendizado dos alunos, ainda mais se trabalhar esse modelo na forma interdisciplinar como estratégia de aprendizagem.

Segundo Araújo *et al.* (2017), na Sala de Aula Invertida os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala através de atividades prévias às aulas. Isso pode ser feito em casa, por exemplo, por meio de leituras, visualização de vídeos indicados pelo professor e algumas questões sobre o conteúdo tratado nesses recursos. Ao “inverter” a aula, ou seja, centrar o ensino nos alunos e ressignificar o papel do professor para além da transmissão de informações, a SAI estimula a participação dos alunos, e ainda, melhora o relacionamento entre professor e aluno. O conteúdo passa a ter um significado para a vida dos alunos, eles conseguem fazer a relação entre a teoria e a prática, ou seja, o que eles vivenciam no cotidiano com o que aprendem na sala.

Para Confortin *et al.* (2018), não existe um modelo único para aplicação da Sala de Aula Invertida e cada professor terá sua maneira distinta de aplicar a SAI de acordo com recursos e características próprias das suas escolas e alunos. Portanto, cabe ao docente adequar às características de cada turma e/ou conteúdo a ser ensinado.

Valente (2018), diz que ao planejar as atividades para sala de aula invertida, o mais importante é o professor explicitar os objetivos a serem atingidos com sua disciplina, propor atividades que sejam coerentes e que auxiliarão os alunos no processo de construção do conhecimento.

Para tanto, o material disponibilizado pelo professor aos alunos pode ser composto, por exemplo, de um texto a ser lido, apresentação de slides e vídeos que referenciem o conteúdo que será ministrado nas próximas aulas. O material didático

deve introduzir o aluno aos conceitos que serão posteriormente comentados e aprofundados em sala de aula. É essencial que, ao optar pela escolha de vídeos, estes tenham duração de no máximo 10 minutos, que sejam objetivos e diretos a fim de prender atenção e interesse do aluno (CONFORTIN, *et al.*, 2018).

Conforme Bergmann e Sams (2018), professor e aluno trabalham juntos na construção e elaboração do conhecimento. O papel do professor na sala de aula invertida é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações. Os alunos ocupam posição central, e o professor passa a se importar menos sobre como vai expor determinado conteúdo, e mais a respeito das atividades que serão desenvolvidas pelos estudantes para construir seus conhecimentos.

Nessa abordagem o aluno estuda antes da aula e a aula se torna o lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas (BERGMANN E SAMS, 2018).

O professor trabalha as dificuldades dos alunos, ao invés de apresentações sobre o conteúdo da disciplina, favorecendo a capacidade de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e a situações vivenciadas no dia a dia.

4

PROPOSTA PARA O PROFESSOR

Nossa proposta se pauta numa metodologia de intervenção que prioriza fundamentalmente dois aspectos: o ensino remoto intencional e no desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar.

Organizaremos esta proposta didática para o ensino de Gravitação Universal no terceiro ano do ensino médio para um total de seis aulas síncronas e uma série de atividades assíncronas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

O método didático-pedagógico de condução das atividades propostas considera as representações que os alunos trazem do seu cotidiano e estimula a interação entre os eles, ainda que a distância. Entendemos que essas considerações valorizam o processo de desenvolvimento de conteúdos conceituais, de habilidades de pensamento, de valores e de atitudes.

Em nossa proposta utilizamos o princípio da sala de aula invertida. As atividades assíncronas propostas são estratégias importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam, entre outras habilidades, a autonomia do aluno.

Nossa proposta tem como público-alvo os alunos dos anos finais do ensino médio.

A ficha técnica da proposta está apresentada no quadro 1.

Quadro 1: Ficha técnica da proposta didática interdisciplinar.

FICHA TÉCNICA: PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal	
TIPO DE ATIVIDADE: Ensino Remoto Intencional interdisciplinar	
PÚBLICO-ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio
OBJETIVO GERAL	Produzir um material didático pedagógico sobre Gravitação Universal, a fim de proporcionar para os alunos do terceiro ano do Ensino Médio um trabalho interdisciplinar.

PRÉ REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none"> Noções de MRU, MRUV e MCU 	
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> Força de atração gravitacional; Satélites; Campo gravitacional; Energia no campo gravitacional; Velocidade escape. 	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	Habilidade (EM13CHS204)
	Competência específica 5	Habilidade (EM13CHS502)
		Habilidade (EM13CHS503)
Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 1	Habilidade (EM13MAT103)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	Habilidade (EM13CNT201)
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> Compreender as características da força de atração gravitacional; Reconhecer as aplicações CTS dos satélites; Compreender como se coloca um satélite em órbita; Determinar o campo gravitacional gerado por diferentes astros; Perceber a Gravitação Universal como resultado de uma construção coletiva a partir da História da Ciência; Reconhecer o aspecto interdisciplinar da Física; Desenvolver a expressão oral e escrita. 	

Fonte: Autoria própria (2021)

As competências e habilidades apresentadas na proposta no quadro 1, estão em consonância com a proposta da BNCC (BRASIL, 2018) para o novo Ensino Médio, e estão detalhadas na sequência.

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.

- (EM13CHS204) Comparar e avaliar os processos de ocupação do espaço e a formação de territórios, territorialidades e fronteiras, identificando o papel de diferentes agentes (como grupos sociais e culturais, impérios, Estados Nacionais e organismos internacionais) e considerando os conflitos populacionais (internos e externos), a diversidade étnico-cultural e as características socioeconômicas, políticas e tecnológicas.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 5

Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.

- (EM13CHS502) Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.
- (EM13CHS503) Identificar diversas formas de violência (física, simbólica, psicológica etc.), suas principais vítimas, suas causas sociais, psicológicas e afetivas, seus significados e usos políticos, sociais e culturais, discutindo e avaliando mecanismos para combatê-las, com base em argumentos éticos.

MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou

tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.

- **(EM13MAT103)** Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

- **(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.

A seguir no quadro 2 apresentamos a organização dos módulos da proposta didática.

Quadro 2: Organização dos Módulos

<p>MÓDULO 1 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>DISCUSSÃO E ANÁLISE DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar um questionário inicial que servirá como coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios dos alunos (Assíncrona), apêndice A. • Cada aluno deverá assistir ao filme disponibilizado na plataforma online (Atividade Assíncrona). • Os alunos discutem o filme “Estrelas além do tempo” e o professor promove junto com outros professores um debate de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona).
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar com uma questão norteadora para chamar a atenção: Questões utilizadas: <ol style="list-style-type: none"> 1. “Vocês acreditam que o homem pisou na lua?” 2. Se a lua é atraída pela Terra, por que ela não cai na Terra? (Atividade Síncrona) • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 2 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;">CORRIDA ESPACIAL: GUERRA FRIA E CHEGADA DO HOMEM NA LUA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir ao vídeo (canal nostalgia) disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a corrida espacial que tratam de temas da chegada do homem à lua, disputa tecnológica, Guerra Fria e 2º Guerra Mundial (Atividade Assíncrona). • O professor de Física promove junto com os professores de História, Geografia e Filosofia um debate para trazer argumentos científicos de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 3 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;">PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS FOGUETES: LEIS DE NEWTON</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir os vídeos disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre as leis de Newton (Atividade Assíncrona). • Discussão coletiva dos vídeos para identificar as três leis de Newton em situações reais e analisar como as leis estão relacionadas com o lançamento de um foguete. Nesse momento o professor deverá realizar uma discussão sobre as leis de Newton analisando as situações do cotidiano, bem como o funcionamento do foguete (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 4 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;">HISTÓRIA DA ASTRONOMIA</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir ao vídeo disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a história da astronomia (Atividade Assíncrona). • Discussão coletiva do vídeo para compreender os desdobramentos históricos da Astronomia. O principal objetivo deste módulo é dar condições para que os alunos compreendam o que foi a revolução científica, entendendo a passagem de um sistema de mundo geocêntrico para um sistema de mundo heliocêntrico; percebendo ainda que a Ciência é construída por muitos nomes (Atividade Síncrona).
<p>MÓDULO 5 2 h/a (Síncronas)</p>	<p>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL - AS LEIS DE KEPLER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá ler o material disponibilizado pelo professor na sala de aula online sobre as três leis de Kepler (Atividade Assíncrona). • Discussão sobre as três Leis de Kepler em uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada (Atividade Síncrona). • Atividade prática demonstrativa realizada pelo professor para identificar a órbita elíptica do planeta (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona).
<p>MÓDULO 6 3 h/a (Síncronas)</p>	<p>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL – FORÇA GRAVITACIONAL, CAMPO GRAVITACIONAL, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, VELOCIDADE ESCAPE E SATÉLITES.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno deverá assistir aos vídeos disponibilizados na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a Gravitação universal parte 2 (Atividade Assíncrona). • Após os alunos assistirem aos vídeos, o professor promove um debate sobre o tema gravitação universal a partir dos vídeos que foram disponibilizados com uma abordagem conceitual e matematizada. A partir desse momento deverá ser proposto uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de Física explorados nos vídeos (Atividade Síncrona). • Atividades propostas (Atividade Assíncrona). • Explicar aos alunos o que é um mapa mental, pra que serve e como se constrói (Atividade Síncrona).

	<ul style="list-style-type: none"> • Ao final da proposta, aplicar o mesmo questionário inicial para verificar como as respostas finais se relacionam com as do questionário inicial. Solicitar ainda que os alunos construam um mapa mental sobre o tema GRAVITAÇÃO (Atividade Assíncrona).
--	---

Fonte: Autoria própria (2021)

A nossa proposta apresentada no quadro 2, está alicerçada na teoria de aprendizagem de Robert Gagné. A Teoria da Instrução de Gagné está relacionada teoricamente no behaviorismo sob referência do estímulo – resposta e no cognitivismo com a construção individualizada do conhecimento. Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné propõem nove eventos de instrução, que servem de guia para o trabalho.

Para isso dividimos o trabalho em seis módulos, na qual, o primeiro módulo apresenta três etapas assíncronas e uma síncrona, a primeira etapa constitui-se de um questionário que tem por objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os temas que serão abordados ao longo de toda a proposta. Esta etapa foi realizada de forma assíncrona, na qual os alunos puderam responder as questões no seu tempo.

Também de forma assíncrona foi solicitado que os alunos assistissem o filme “estrelas além do tempo”, que foi disponibilizado na plataforma online, o filme aborda conceitos de Física, de História e principalmente Sociologia, quando evidencia a luta das mulheres, a diversidade o racismo, e etc.

Após assistirem ao filme, foi feito de forma síncrona uma discussão sobre o filme. Utilizamos esse momento para ganhar a atenção dos alunos, Gagné ressalta em seu primeiro evento que devemos colocar um problema que desperte o interesse imediato do aluno, ou fazer uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse. Nessa proposta utilizamos duas questões distintas para ganhar a atenção dos educandos, a primeira: vocês acreditam que o homem pisou na Lua? E a segunda: se a Terra atrai a Lua, por que a Lua não cai na Terra?

Após apresentarmos as questões, discorremos para os alunos os objetivos da nossa proposta de trabalho (que se constitui como produto educacional) o que eles iriam estudar, como seriam os módulos, as etapas e as atividades propostas, sempre evidenciando o caráter interdisciplinar da mesma; Gagné no evento 2 afirma devemos mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento.

O terceiro evento de Gagné visa estimular a conexão com o conhecimento anterior, ou seja, para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções de vetores, aceleração, leis de Newton e sistemas de mundo geocêntrico e heliocêntrico, esses conhecimentos prévios foram apresentados verbalmente aos alunos também de modo síncrono.

Em seu evento 4, Gagné ressalta que devemos apresentar o material a ser aprendido, assim, já deixamos claro aos alunos que todos os módulos do curso de Gravitação estariam sendo trabalhados por meio de uma perspectiva metodológica da sala de aula invertida, na qual eles sempre teriam que ler um texto ou assistir um vídeo antes da aula online ao vivo (síncrona), e que todas as atividades teriam um caráter interdisciplinar, e que nas aulas síncronas poderia haver mais de um professor para participar das discussões.

O evento 5 consiste em basicamente em orientar a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os alunos a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a verbalização. Em nossa proposta este evento teve como subsídio as aulas expositivas dialogadas de forma síncrona divididas em seis módulos, nos quais os alunos puderam interagir, perguntar, comentar e dar suas opiniões.

O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem por meio do estímulo à memorização. Assim, buscando atender ao sexto evento, foi proposto para cada aluno atividades de forma assíncronas no final de cada módulo a fim de verificar o desempenho do aluno. Trabalhamos com questões norteadoras, a fim de possibilitar um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1975) poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Em seguida no evento sete, seguindo a teoria de Gagné, possibilitamos um *feedback*, ou seja, se o aluno aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados, que seriam uma espécie de devolutiva, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem. Neste evento, o professor ao iniciar um novo módulo, sempre deve fazer a retomada do módulo anterior para que o aluno reforce aquilo que foi aprendido.

O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, em atenção à necessidade de diversificação, sendo importante que alunos exercitem seus conhecimentos em tarefas distintas. Nesse sentido os alunos puderam pontuar os pontos positivos e negativos que consideraram na proposta escrevendo o que mais

gostaram no projeto e o porquê. Entendemos que nesse tipo de avaliação os alunos têm maior liberdade para discorrer sobre a experiência vivenciada.

O nono e último evento refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, ou seja, a generalização, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido. Aqui de forma individual os alunos produziram um mapa mental sobre o tema Gravitação, podendo apresentar os conceitos estudados e até relacioná-los com aplicações diferentes das que foram apresentadas na proposta.

E a fim de buscar uma relação com os conhecimentos prévios apresentados antes da implementação da proposta, ao final dela foi aplicado um novo questionário.

Questionário inicial

Na busca por compreender as concepções iniciais dos alunos sobre conhecimentos gerais (guerra fria e corrida espacial) e Física básica pode-se aplicar um questionário inicial.

Segue aqui uma sugestão de questionário para o professor, no entanto, ele pode ser adequado de acordo com a realidade de cada professor.

Esse questionário teve por objetivo nortear nosso trabalho enquanto professores que implementaram essa proposta de ensino. Assim, a partir das respostas dos alunos vamos preparamos o encaminhamento das aulas, dedicando mais tempo aos tópicos que apresentam mais dúvidas.

Aluno (a): _____

Em cada questão você terá uma afirmação sobre diferentes conteúdos, você só precisa marcar se concorda com a afirmação, se tem dúvidas ou se discorda da afirmação.

01. No dia 20 de julho de 1969, **Neil Armstrong** tornou-se o primeiro homem a pisar na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

02. O homem nunca pisou na lua e, isso não passa de uma conspiração dos norte-americanos, pois, se Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua e temos imagens dele desembarcando, então quem fez a filmagem?

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

03. Apenas os três homens da missão Apolo 11 pisaram na lua até hoje.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

04. Guerra fria foi uma guerra sangrenta entre Estados Unidos e União Soviética que aconteceu na Rússia durante um rigoroso inverno.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

05. A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias de dinheiro com o intuito de promover a exploração do espaço.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

06. Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

07. Os Estados Unidos e a União Soviética foram as únicas nações que já pousaram sondas na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

08. A Lua é um satélite natural, mas também existem os satélites artificiais, os quais são feitos pelo homem.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas

Discordo plenamente

09. A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a fazer uma viagem espacial.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

10. O primeiro satélite artificial lançado ao espaço foi o Sputnik.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

11. A primeira lei de Newton estabelece que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme sempre que a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

12. Força é uma grandeza vetorial, pois, ao empurrarmos um objeto, esse “empurrão” possui valor numérico, direção e sentido.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

13. Sem força não é possível existir movimento.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

14. A força de atração do Sol sobre a Terra é igual, em intensidade e direção, à força de atração da Terra sobre o Sol.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente

15. Observando as imagens abaixo concluímos que o personagem A é mais forte que o personagem B.

Concordo plenamente

Tenho dúvidas

Discordo plenamente



Personagem A



Personagem B

16. A segunda lei de Newton diz que a aceleração que surge em um corpo é diretamente proporcional a força resultante que age sobre ele e, inversamente proporcional à sua massa.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

17. Inércia pode ser entendida como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior sua inércia.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

18. A Lei da Gravitação Universal nos mostra que corpos massivos têm a capacidade de se atraírem por uma força mútua denominada de força gravitacional. Sendo assim, podemos concluir que a Terra atrai a Lua e a Lua atrai a Terra com uma determinada força

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

19. No dia 20 de junho de 2020 teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

MÓDULO 1

Quadro 3: Descrição do plano de aula para o módulo 1.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 1: Discussão e análise do filme estrelas além do tempo		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Promover um estudo interdisciplinar do filme “Estrelas além do tempo”		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	Física: Funcionamento de foguetes, órbitas; Matemática: Linguagem matemática, Computadores humanos; Filosofia: Epistemologia, Mudança de paradigma; Sociologia: Cultura, identidade, raça, etnia e gênero; História: Guerra Fria, corrida espacial.	
ÁREAS DA BNCC		
Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 1	(EM13MAT103)
Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 5	(EM13CHS502) (EM13CHS503)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		
Momento 1	Os alunos assistem ao filme	Etapa assíncrona
Momento 2	Os alunos respondem de maneira individual uma questão disponibilizada via google forms	Etapa assíncrona

Momento 3	Discussão coletiva do filme via google meet <ul style="list-style-type: none">• Discutir sobre a questão de gênero;• Discutir sobre a questão de raça;• Discutir sobre a corrida espacial;• Discutir sobre a chegada do homem à Lua.	Etapa síncrona
Momento 4	Os alunos em pequenos grupos deverão produzir um infográfico sobre estrelas além do tempo.	Etapa assíncrona

Fonte: Autoria própria (2021)



Atividade proposta para os alunos

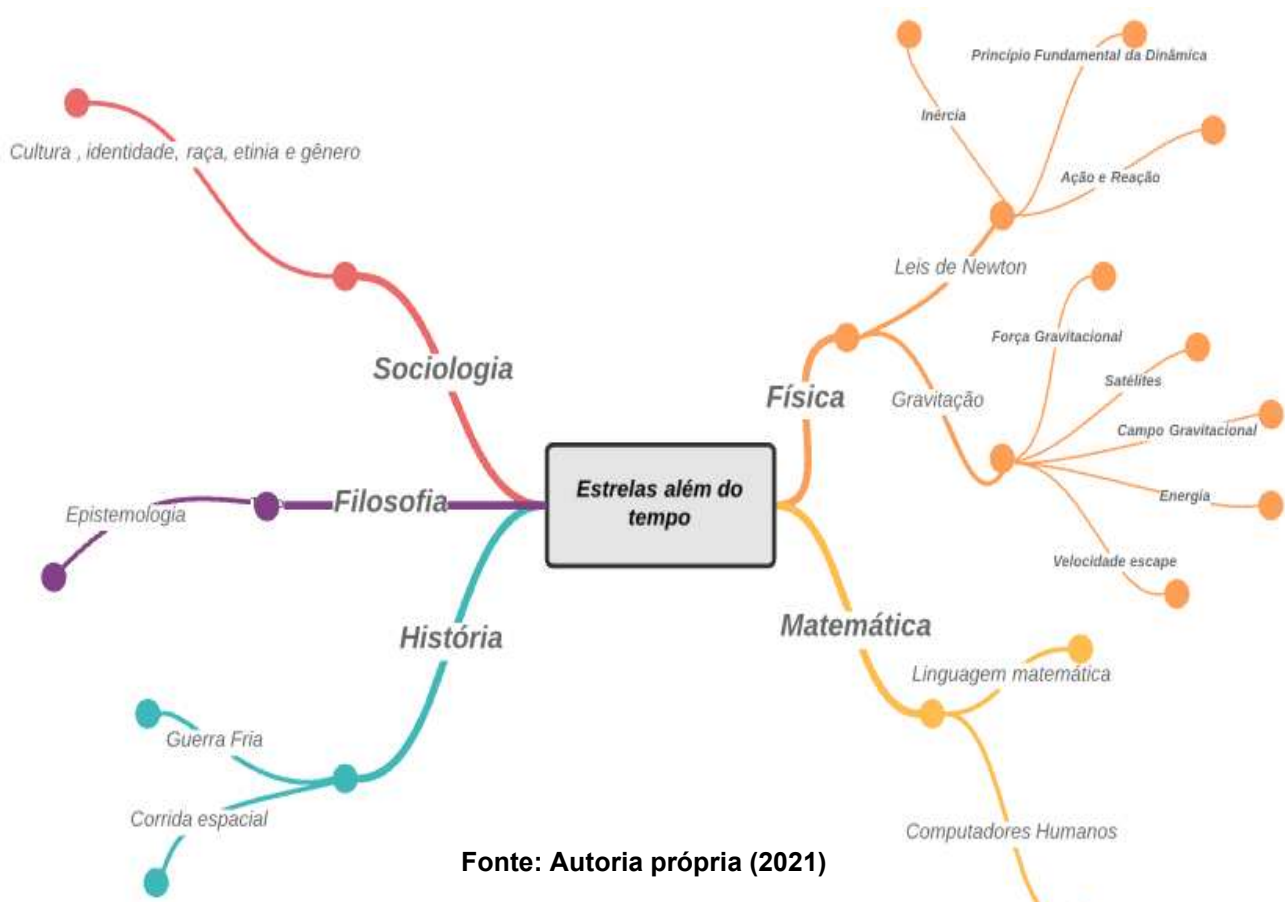
Após assistir ao filme escreva em um papel/relate o que mais lhe chamou atenção no filme.

Material de apoio ao professor para trabalhar o filme:

Estrelas além do tempo

Mulheres negras, em meio a segregação racial, que foram fundamentais para o avanço tecnológico que permitiu a ida do primeiro americano ao espaço

Possibilidade interdisciplinar para o filme Estrelas além do tempo



Texto de apoio produzido por: João Luís de Almeida Machado¹

O filme

Estamos no início dos anos 1960, em plena Guerra Fria, durante a chamada corrida espacial envolvendo russos e americanos. Este período é igualmente intenso politicamente nos Estados Unidos em virtude da luta pelos Direitos Civis, liderada por nomes como Martin Luther King e Malcolm X, através da qual os negros norte-americanos pleiteiam a igualdade de direitos em relação a população branca.

Katherine Johnson (Taraji P. Henson), Dorothy Vaughn (Octavia Spencer) e Mary Jackson (Janelle Monáe) trabalham na NASA e estão, portanto, muito envolvidas com a corrida espacial. São especialistas em cálculos complexos, atuando como “computadores humanos”, numa época em que os equivalentes cibernéticos ainda eram tão grandes e dispendiosos, além de limitados e caros, que boa parte dos estudos matemáticos necessários para se mandar foguetes para o espaço passava pelos engenheiros e técnicos da agência espacial norte-americana.

Se não bastasse isso, são mulheres negras num contexto social bastante delicado, marcado por lutas sociais intensas e pela discriminação evidente, seja pelo fato de serem afrodescendentes ou por serem do sexo feminino. Convivem com a desconfiança, são tratadas com descaso por superiores, submetidas a situações humilhantes como banheiros separados, tem pouca ou nenhuma possibilidade de ascensão na hierarquia da NASA.

São mulheres negras que, no entanto, foram decisivas para as conquistas espaciais norte-americanas na composição de forças e trabalho em prol do desenvolvimento que levou satélites e foguetes daquele país para o espaço, trazendo significativos avanços científicos para toda a humanidade.

“Estrelas além do tempo” nos coloca em contato com a história de cada uma delas, que ao mesmo tempo ocorrem e que lhes permitem a superação de situações e de contextos claros e evidentes de discriminação em relação as mulheres e a população negra por elas representadas. Um filme emocionante, de gente como a gente, que buscou por meio dos estudos e do trabalho árduo, chegar aonde chegou e que, ainda

¹ Texto original encontrado em <https://www.plannetaeducacao.com.br/portal/a/35/estrelas-alem-do-tempo>. Acesso em 11 jun. 2020.

Todos os créditos destinados ao autor.

assim, enfrentaram dificuldades que, infelizmente, por conta da intolerância e da discriminação, continuam ainda hoje a existir no mundo.

ATIVIDADES

1. Além da temática focada nos direitos civis, o filme aborda também a Guerra Fria e a Corrida Espacial, eventos de vulto envolvendo a época as duas maiores potências mundiais, os EUA e a União Soviética. Passados mais de 50 anos daquele momento histórico é sempre importante refletir sobre o que nos legou tal conflito no que tange a conquistas e derrotas. A corrida espacial, por exemplo, foi responsável por importantes avanços tecnológicos que migraram da indústria aeroespacial para o dia a dia das pessoas. Que tal buscar estas contribuições e discutir tal legado com seus alunos?
2. Para melhor entender os anos 1960 e a luta pelos direitos civis faça uma breve mostra de filmes relacionados ao tema, entre os quais os já mencionados “Selma”, “Mississippi em Chamas”, “Assassinato no Mississippi”, “Malcolm X” e, é claro, “Estrelas além do tempo”. Compare as abordagens, proponha aos alunos que se coloquem no lugar dos personagens, peça a eles que criem relatos em papel, áudio e vídeo sobre a intolerância, a violência racial, a perseguição aos afrodescendentes, a desigualdade de gênero... Tudo embasado, se possível, em dados adicionados ao conteúdo dos filmes, a leituras de materiais selecionados e a relatos de pessoas que viveram esta época ou que ainda hoje sofrem com a discriminação racial ou de gênero.
3. A expressão “computador humano” usada no filme pode causar estranheza a todos aqueles que hoje lidam e convivem com a internet, computadores, tablets, smartphones e tecnologias afins. Que tal buscar mais referências a ideia dos computadores humanos e comparar, na medida do possível, o cérebro humano com a inteligência artificial, compondo uma linha do tempo sobre o tema, criando um infográfico, por exemplo.

MÓDULO 2

Quadro 4: Descrição do plano de aula para o módulo 2.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 2: Corrida Espacial		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Promover um estudo interdisciplinar da corrida espacial		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	Física: Lançamento de foguetes, órbitas, corrida espacial História: Segunda Guerra mundial, Guerra Fria.	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CHS204)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		
Momento 1	Os alunos assistem ao vídeo "Guerra Fria - EUA vs URSS / Nostalgia HISTÓRIA"	Etapa assíncrona
Momento 2	Discussão coletiva do vídeo via google meet <ul style="list-style-type: none"> • Discutir sobre a importância da Segunda Guerra mundial para esse contexto; • Buscar compreender o que significa guerra fria; • Discutir sobre a corrida espacial, compreender a disputa entre Estados Unidos e União Soviética; • Discutir sobre a chegada do homem à Lua. 	Etapa síncrona

	Esse momento pode contar com a presença do professor de Física, de História e de Geografia, a fim de proporcionar um momento interdisciplinar.	
--	--	--

Fonte: Autoria própria (2021)



Atividade proposta para os alunos

Após o estudo do vídeo sobre Guerra Fria em sala com os professores de Física, História e Geografia, escreva com suas palavras o que você aprendeu sobre a corrida espacial.

Material de apoio ao professor para trabalhar o tema corrida espacial

Um grande marco na história da corrida espacial é o conflito ideológico e político que ocorreu na década de 40 a 90 que gerou um dos grandes conflitos da Guerra Fria, logo após o fim da Segunda Guerra Mundial. Durante este período, os Estados Unidos e a Rússia declararam suas intenções de explorar o espaço e essa disputa gerou investimentos tecnológicos e um grande avanço científico.

O início da corrida espacial se deu a partir do lançamento dos primeiros satélites artificiais da Terra com o pioneiro soviético Sputnik 1 que foi fundamental para enviar sinais de rádio para fins de estudo sobre o planeta e o Sputnik 2 lançado em 1957 que colocou em órbita a cadela Laika, o primeiro ser vivo da história. Para Siqueira (2015) o projeto Sputnik também materializava o primeiro míssil intercontinental. E assim a União Soviética enviou para o espaço 10 satélites designados Sputnik, sendo o último lançado no ano de 1961.

Em resposta ao lançamento dos Sputnik 1 e 2 realizado pelos soviéticos, os Estados Unidos anunciaram o lançamento de seu próprio satélite artificial, ou seja, oficialmente só entraram na Corrida em 1958, com o lançamento do estadunidense Explorer I, e em seguida, foi criada a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), a agência dedicada a “explorar o espaço”, menos de um ano após o lançamento do Sputnik (WINTER e MELO, 2007, p. 32).

Outro acontecimento importante da corrida espacial deu-se com o lançamento de Lunik 2, a primeira sonda em direção a Lua. De acordo com Bexiga (2015) em 1961 os soviéticos enviaram Yuri Gagarin para o espaço na Vostok 1, que constatou que a Terra é azul adquirindo a liderança da União Soviética na Corrida Espacial, fazendo dele o primeiro homem da história a ir para o espaço.

Diante desses fatos, os EUA lançaram um desafio de conquistar a Lua. Assim, o envio do homem para a Lua era uma obsessão para o governo americano que não poupou esforços e dinheiro para viabilizar esse projeto. Para que isso fosse possível, a NASA criou o Programa Apollo que selecionou Neil

Armstrong, Edwin Aldrin e Michael Collins como integrantes do programa. Os três astronautas americanos foram enviados para a Lua, no dia 16 de julho de 1969, como tripulantes da Apollo 11. A aeronave americana pousou na Lua e o astronauta pronunciou a frase: “Este é um pequeno passo para o homem, mas um grande salto para a humanidade”. E a partir dessa expedição, foram trazidas 21 kg de rochas lunares para análises científicas e uma quantidade enorme de lixo foi deixada na superfície lunar (BEXIGA, 2015).

O final da Guerra Fria se deu entre os anos 70 e 90 com a queda do muro de Berlim, este período foi marcado por diversas outras conquistas, demonstrando suas evoluções na área tecnológica. Neste período a primeira estação espacial foi colocada em órbita. Os EUA concentraram sua exploração nos planetas externos e na colocação do telescópio Hubble em órbita.

Em 1998 foi construído a Estação Espacial Internacional que mantém pelo menos dois astronautas a bordo desde os anos 2000. Esta construção tem um marco simbólico importante, uma vez que contou com a participação de várias Agências Espaciais para marcar a presença humana no espaço, como também caracteriza a união de diversos países em prol da ciência (BEXIGA, 2015).

No entanto, a corrida espacial termina deixando uma grande herança para a humanidade envolvendo desde a utilização de satélites de comunicação, como pode ser citado a utilização da frigideira de teflon (que serviu para proteger foguetes e os alimentos desidratados por causa da gravidade), lentes de contato, utilização de monitores cardíacos, termômetro digital, códigos de barra, GPS, micro-ondas, entre outros, mudando definitivamente o cenário da vida contemporânea.

A imagem dos astronautas analisando o solo lunar deixa evidente que o processo de exploração do espaço, colaborou para o desenvolvimento dos meios de comunicação em massa. Esses acontecimentos marcaram o encerramento da disputa espacial e deu início a um processo de reaproximação e cooperação científica entre as nações na questão espacial. Haja visto que a Guerra Fria foi um grande incentivador para que essa disputa acontecesse. Era necessário para os Estados Unidos, mostrar também a sua potência e sua capacidade de explorar o espaço, após o aparecimento do satélite russo Sputnik.

MÓDULO 3

Quadro 5: Descrição do plano de aula para o módulo 3.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 3: Princípio de Funcionamento dos Foguetes (Leis de Newton)		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Promover um estudo interdisciplinar sobre o funcionamento do foguete a partir das Leis de Newton.		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	Física: 1ª lei de Newton: Princípio da inércia, Referenciais inerciais, Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica, Força peso, Terceira Lei de Newton: Princípio da Ação e Reação.	
ÁREAS DA BNCC		
Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CHS204)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		
Momento 1	Os alunos assistem o vídeo pelo canal do youtube ou no classroom “Dinâmica - Primeira Lei de Newton” - Prof. Michel Corci https://www.youtube.com/watch?v=oQSdPnNL2Cs&feature=youtu.be “Dinâmica - Segunda Lei de Newton” - Prof. Michel Corci	Etapa assíncrona

	<p>https://www.youtube.com/watch?v=VnviLaj2X5A</p> <p>“Dinâmica - Terceira Lei de Newton” - Prof. Michel Corci</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=yDwhxIQREuY&feature=youtu.be</p>	
Momento 2	<p>Discussão coletiva dos vídeos via google meet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discutir sobre as leis de Newton, • Identificar as três leis de Newton em situações reais; • Analisar o princípio da ação e reação no funcionamento do foguete. <p>Esse momento pode contar com a presença do professor de Física para realizar a discussão sobre as leis de Newton analisando as situações do cotidiano, bem como o funcionamento do foguete.</p> <p>Material utilizado na aula foi produzido pelos autores e está disponível no site:</p> <p>https://fisica-basica0.webnode.com/4</p>	Etapa síncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Leis de Newton

Dinâmica é o segmento da Física que estuda a causa dos movimentos. A partir do livro *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Princípios matemáticos da filosofia natural) de Isaac Newton é possível compreender por que os movimentos acontecem.

Para iniciarmos o estudo da Dinâmica precisamos definir o conceito força que muitas vezes se confunde com outras grandezas físicas.

⁴ Site criado pelos autores para a divulgação do material utilizado <https://fisica-basica0.webnode.com/4>.

Ao contrário do que muitos pensam o conceito de força não está ligado a massa muscular, academias ou outras coisas que comumente ouvimos associado ao termo força.

Na década de 1980 um desenho de muito sucesso contava com um super-herói chamado He Man.

A frase “Eu tenho a **força**” era o bordão desse personagem que sempre proclamava ao empunhar sua espada.

É importante ressaltar que ninguém tem força!

Força

Força é o resultado da interação entre dois corpos, também pode ser entendida como um agente físico capaz de deformar um corpo ou alterar a sua velocidade vetorial ou as duas coisas simultaneamente (BATISTA et al.,2018).

Dependendo do tipo de interação, a força pode assumir naturezas diferentes:

- Forças de campo;
- Forças de contato.

As forças de campo também são chamadas de forças de interação à distância; essas atraem ou repelem somente os corpos que estiverem em sua região de atuação. Classificamos como forças de campo a força elétrica, a força magnética e a força gravitacional.

Por outro lado, as forças de contato são aquelas que atuam por meio do contato direto entre os corpos, um agindo sobre o outro. Classificamos como forças de contato a força normal, a força de tração, a força elástica e a força de atrito.

No sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza física Força tem como unidade de medida o newton (N). Nesse sistema 1N equivale a força que fazemos sobre um corpo de 1kg para provocar uma aceleração de 1 m/s^2 , ou seja,

$$1N = 1kg \cdot 1\text{ m/s}^2$$

Força é uma grandeza vetorial, e para compreender as causas do movimento necessitamos das leis fundamentais apresentadas por Newton em seu livro, essas são conhecidas como as três leis de Newton.

Primeira lei de Newton – Princípio da Inércia

Quando a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre um corpo é nula, dizemos que se esse corpo tem a tendência de manter sua velocidade vetorial constante, ou seja, tem a tendência de permanecer em equilíbrio.

Temos dois tipos de equilíbrio. O equilíbrio estático ocorre quando a velocidade do corpo é constante e igual a zero, ou seja, o corpo encontra-se em Repouso.

Já o equilíbrio dinâmico ocorre quando a velocidade do corpo é constante e diferente de zero, ou seja, como velocidade é uma grandeza vetorial o corpo encontra-se em Movimento Retilíneo Uniforme.

De acordo com o dicionário de língua portuguesa online, inércia é a resistência que a matéria oferece à alteração do estado de movimento (aceleração). Assim, podemos entender a inércia como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior a dificuldade em alterar o estado de movimento desse corpo.

Se um corpo se encontra em repouso ele tenderá a permanecer em repouso, já se esse corpo estiver em movimento com velocidade constante, ele continuará em movimento em linha reta e com velocidade constante.

Referenciais Inerciais

Uma que importante que devemos nos fazer para a compreensão da primeira lei é: o corpo está em repouso em relação a quê? Ou em movimento com velocidade constante em relação a quê? Ou seja, precisamos definir um referencial.

Um referencial onde a 1ª Lei de Newton é válida diz-se referencial de inércia ou simplesmente referencial inercial, e esse é um referencial para todo e qualquer corpo sujeito a uma força resultante nula, ou seja, um referencial inercial é aquele que não

possui aceleração. Qualquer referencial acelerado ($\vec{a} \neq \vec{0}$) relativamente a um referencial inercial denomina-se referencial não inercial.

Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica

De acordo com Batista et al. (2018), se a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo for diferente de zero, surge no corpo então uma aceleração, diretamente proporcional à força resultante e inversamente proporcional à massa do corpo.

A direção e o sentido da aceleração é o mesmo da força resultante.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m} \quad (1)$$

que pode ser escrita da seguinte forma:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \quad (2)$$

onde m é a denominada massa inercial medida em kg e caracteriza o corpo do ponto de vista mecânico. É independente da forma do corpo, da sua constituição, da sua velocidade, é apenas dependente da quantidade de matéria que o constitui. \vec{F}_R é a força resultante medida em N e \vec{a} é a aceleração do corpo medida em m/s².

Assim, se:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 \quad \text{e} \quad m_1 > m_2$$

Então

$$\vec{a}_1 < \vec{a}_2$$

e diz que o corpo 1 possui maior inércia ao movimento, pois, possui maior **massa inercial**. A massa é uma propriedade do corpo que lhe permite resistir a qualquer variação na sua velocidade.

Devemos resgatar o conceito de aceleração nesse momento, aceleração é a taxa de variação da velocidade em um intervalo de tempo. Como velocidade é uma grandeza vetorial, dizemos que: se a velocidade variar apenas em módulo temos a chamada aceleração tangencial, que em módulo pode ser escrita como:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

A aceleração tangencial aplica-se ao Movimento Retilíneo Uniforme Variado.

Já se a velocidade mantiver o módulo constante mais variar em direção e sentido temos a chamada aceleração centrípeta, que em módulo pode ser escrita como:

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (4)$$

A aceleração centrípeta aplica-se ao Movimento Circular Uniforme.

Assim, se o movimento for retilíneo temos a força resultante que atua sobre o corpo que pode ser escrita em módulo como:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (5)$$

onde:

m = massa (kg);

Δv = variação da velocidade (m/s);

Δt = intervalo de tempo (s);

Já se o movimento for circular a força resultante que atua sobre o corpo também recebe o nome de força centrípeta, e seu módulo pode ser escrito como:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

onde:

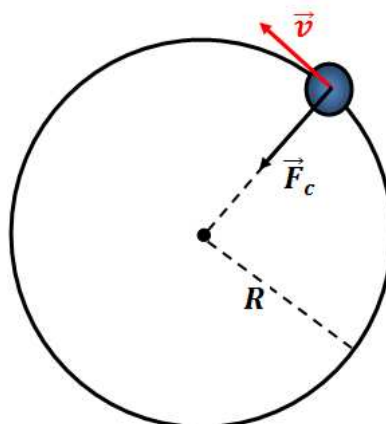
m = massa (kg);

v = velocidade (m/s);

R = raio da trajetória (m)

Assim, podemos dizer que força centrípeta é uma força resultante ($F_C = F_R$) cujo sentido aponta para o centro c da curva, ou seja, quando uma partícula realiza um Movimento Circular Uniforme (MCU), a resultante das forças que atuam nesse móvel é radial centrípeta, logo, tem a direção do raio da curva e sentido para o centro, como apresenta a Figura 1.

Figura 1: Representação da força centrípeta em uma partícula que descreve um MCU.



Fonte: Autoria própria (2021)

Força Peso

Uma aplicação direta da força resultante em um movimento retilíneo é a força peso, ou seja, a força de atração gravitacional entre a Terra e um corpo em sua proximidade.

A força peso a que um corpo está sujeito é consequência do campo gravitacional criado pela Terra.

De acordo com Batista et al. (2018), todo corpo dotado de massa, cria em torno de si um campo gravitacional, quanto maior a massa do corpo maior o campo gravitacional associado a ele. Assim, o campo gravitacional (\vec{g}) da Terra pode ser determinado levando-se em consideração sua massa. Qualquer ponto material (corpo com dimensões desprezíveis se comparado a Terra) dentro do campo gravitacional terrestre será atraído para o centro da Terra, essa força de atração entre a Terra e o ponto material é denominada força gravitacional, que chamamos também de força peso. Essa força peso pode ser determinada por:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (7)$$

onde, m é a massa do corpo medida em kg e \vec{g} o vetor aceleração da gravidade medido em m/s^2 .

Um corpo em queda livre tem uma aceleração a que equivale a aceleração g da gravidade para esse corpo em queda, podemos calcular a força aplicada sobre ele.

É importante lembrar que quando falamos que um corpo se encontra em queda livre estamos desconsiderando as forças dissipativas.

Importante

- A massa (m) é uma propriedade intrínseca do corpo e é a mesma em qualquer local do universo em que esteja o corpo, isto é, a massa não varia com o local.
- A aceleração da gravidade varia de uma posição para outra, ou seja, cada localidade possui um valor de g .

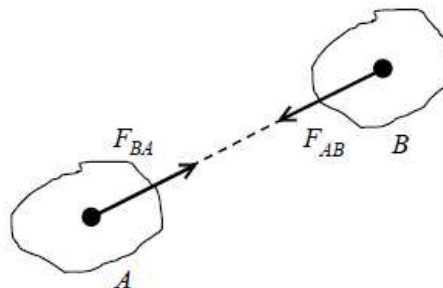
- O peso de um corpo não é uma característica do corpo, pois varia de uma região para outra, proporcionalmente ao valor da gravidade local.

Terceira Lei de Newton – Princípio da Ação e Reação

De acordo com Newton as forças sempre acontecem aos pares, assim na interação entre dois corpos, as forças trocadas entre eles formam um par de forças **ação** e **reação**.

Se o corpo B exerce uma força sobre o corpo A, então o corpo A exerce sobre o corpo B, uma força de mesma intensidade, de mesma direção e de sentido oposto, conforme Figura 2.

Figura 2: Representação da lei da ação e reação



Fonte: Autoria própria (2021)

$\vec{F}_{AB} \rightarrow$ força exercida por A em B

$\vec{F}_{BA} \rightarrow$ força exercida por B em A

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Importante

- O par de ação e reação ocorrem em corpos diferentes, por isso jamais se anulam.

Como funcionam os foguetes

Os foguetes são máquinas que produzem a força ou o impulso necessário para empurrar um objeto para a frente. São usados para lançar naves espaciais.

Os foguetes carregam combustível, que é queimado dentro de uma câmara. O combustível queima quando é misturado ao gás oxigênio e acendido. Quando o combustível queima, emite gás quente, que sai por uma abertura na parte traseira da câmara. A força do gás, movendo-se para trás, empurra o foguete para a frente. Essa ação é conhecida como propulsão a jato.

Os motores de um avião a jato também empregam a propulsão a jato. Mas, diferentemente de um motor a jato, os foguetes carregam seu próprio suprimento de oxigênio, o que os torna valiosos no espaço, onde não existe oxigênio.

O combustível de foguetes pode ser líquido ou sólido. O ônibus espacial dos Estados Unidos usa foguetes de combustível líquido e sólido. Dois foguetes propulsores movidos a combustível sólido lançam o ônibus no espaço. Três foguetes com motores movidos a combustível líquido permitem que o ônibus espacial saia da órbita da Terra e depois reentre nela.

Os foguetes funcionam baseados na Lei de Newton, a lei da ação e reação. Eles consistem, basicamente, em um projétil que leva combustível - sólido ou líquido - no seu interior. Esse combustível é queimado progressivamente na câmara de combustão, gerando gases quentes que se expandem. Os gases, por sua vez, são expelidos para trás por um bocal (abertura na traseira) e, ao mesmo tempo, ocorre uma reação na parede interna da câmara oposta ao bocal (veja a imagem abaixo). Essa reação - à qual damos o nome de empuxo - e a expulsão dos gases empurram o foguete para frente.

Os foguetes de combustível líquido geralmente usam hidrogênio e oxigênio líquidos como comburentes, para permitir a queima do combustível, pois no espaço exterior não há oxigênio. Comburente é a substância que, ao combinar-se com outra, permite a combustão desta (muitas vezes utiliza-se, como sinônimo, o termo oxidante). A mistura é dosada por válvulas e feita na câmara de combustão. Para poder entrar em órbita, é preciso que um foguete possa atingir cerca de 28.440 km/h, a fim de escapar da gravidade terrestre, que o puxa sempre para baixo. Essa é a velocidade necessária para que um corpo fique em órbita da Terra: cerca de 7,9 km/s (ou 28.440 km/h). Por conta disso, os satélites.

Foguete Saturn V, que levou as naves Apollo até a Lua. Eram foguetes maiores que os atuais ônibus espaciais e operavam com três estágios. Os motores do primeiro estágio podem ser vistos aqui. Através do controle dos 5 bocais, podemos direcionar o movimento do foguete, obtendo um vetor resultante na direção do movimento desejado.

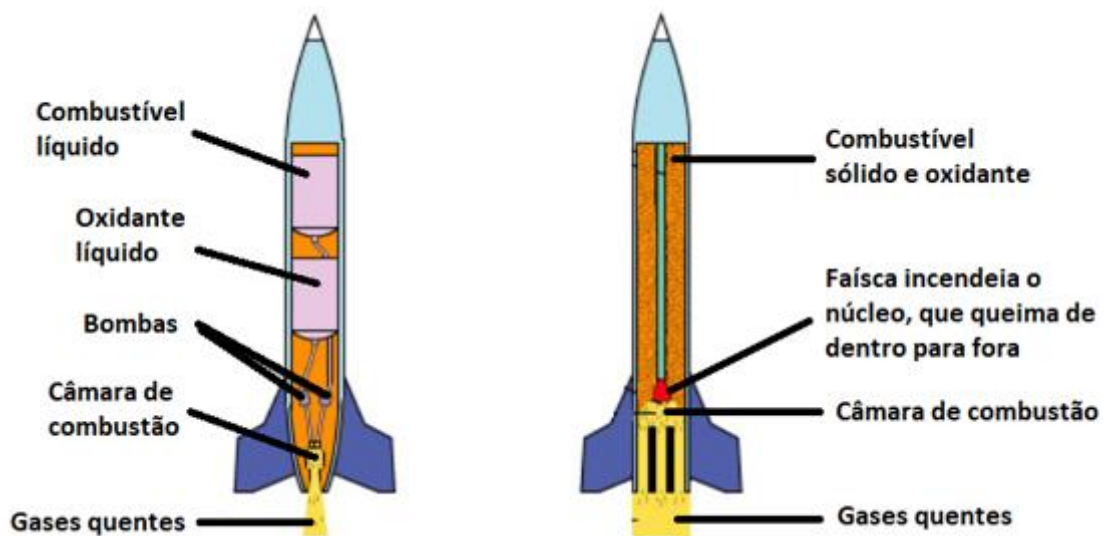
Estágios

Os estágios se resumem a, basicamente, dois ou mais foguetes, colocados um em cima do outro. Assim, quando o foguete do estágio inferior queima todo o seu combustível, ele se desacopla do conjunto e aciona o segundo estágio, permitindo que o corpo restante do foguete aproveite o impulso obtido e alivie o peso considerado "peso morto", a fim de ganhar mais velocidade na subida. O primeiro estágio é o que carrega, geralmente, a maior parte do combustível, pois os instantes iniciais da subida são os que exigem maior dispêndio de energia: a atmosfera é mais densa perto do solo (há mais atrito do foguete com o ar); a gravidade (g) é maior na região próxima à superfície terrestre. e o peso do foguete é ainda grande (pois nenhum estágio se desacoplou e ele ainda carrega todo o combustível que vai ser queimado). Esse é o sistema usado para os grandes foguetes lançadores atuais. O foguete Saturn V (na foto acima) era um lançador de três estágios, sendo o primeiro impulsionado por querosene e os demais por hidrogênio líquido.

Outras tecnologias

Uma tecnologia mais simples - e que é vantajosa para uso militar - é a dos foguetes movidos a combustível sólido: seu funcionamento é mais simples e não demanda tempo exagerado para se preparar o lançamento. Já as naves do tipo ônibus espacial são colocadas e mantidas em órbita com o auxílio de um conjunto misto de foguetes: foguetes externos, movidos a combustível sólido (combustível e comburentes na forma de pó, aglutinados numa pasta com um catalisador), auxiliados por motores próprios e alimentados por um tanque de combustível líquido de hidrogênio.

Figura 3: Apresentação das etapas de um foguete movido a combustível líquido e sólido.



Fonte: Página Britânica Escola, 2021.⁵

⁵ Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384> . Acesso em: 24 jan. 2021.

ATIVIDADES

01. Analise as afirmações a respeito da inércia e marque a alternativa falsa:

- a) A massa é a medida quantitativa da inércia.
- b) Na falta de atrito, um corpo em movimento permanecerá em movimento perpetuamente.
- c) A situação de movimento retilíneo uniforme é denominada de equilíbrio dinâmico.
- d) A tendência de um corpo em movimento uniforme e com aceleração constante é manter-se em movimento perpetuamente.
- e) O princípio da inércia é enunciado para corpos que estejam em repouso ou em velocidade constante.

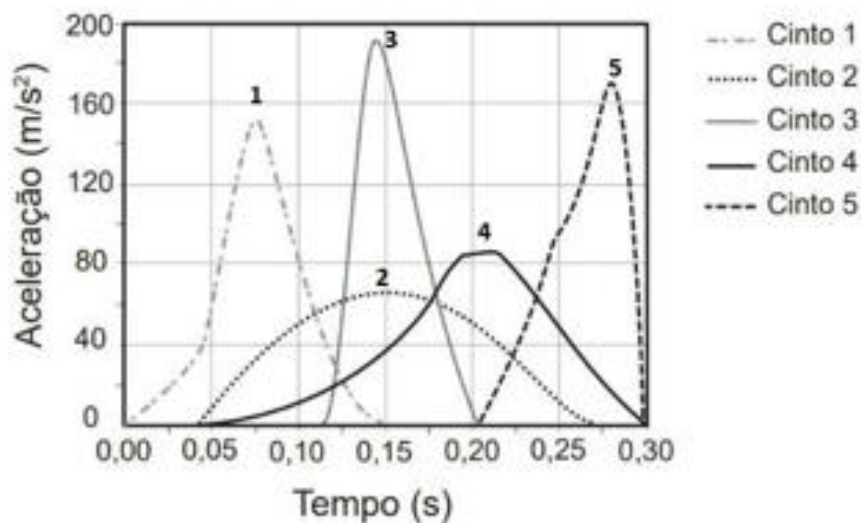
02. Analise as afirmações feitas a respeito das leis de Newton.

- I) É possível definir a segunda lei de Newton em função da quantidade de movimento.
- II) Um objeto depositado sobre uma superfície qualquer sofrerá a ação da força Normal como reação à força Peso.
- III) A massa é a grandeza que representa a dificuldade imposta por um corpo à mudança de seu estado inicial.
- IV) A unidade de medida para força é $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$.
- V) Ação e reação sempre possuem o mesmo sentido.

Marque a alternativa correta:

- a) I e II são falsas
- b) I, II, III e IV são verdadeiras.
- c) IV e V são falsas
- d) I, III e IV são verdadeiras.
- e) III, IV e V são verdadeiras.

03. Enem (2017). Em uma colisão frontal entre dois automóveis, a força que o cinto de segurança exerce sobre o tórax e abdômen do motorista pode causar lesões graves nos órgãos internos. Pensando na segurança do seu produto, um fabricante de automóveis realizou testes em cinco modelos diferentes de cinto. Os testes simularam uma colisão de 0,30 segundos de duração, e os bonecos que representavam os ocupantes foram equipados com acelerômetros. Esse equipamento registra o módulo da desaceleração do boneco em função do tempo. Os parâmetros como massa dos bonecos, dimensões dos cintos e velocidade imediatamente antes e após o impacto foram os mesmos para todos os testes. O resultado final obtido está no gráfico de aceleração por tempo.



Qual modelo de cinto oferece menor risco de lesão interna ao motorista?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

04. Aplica-se uma força de 20 N a um corpo de massa m . O corpo desloca-se em linha reta com velocidade que aumenta 10 m/s a cada 2 s. Qual o valor, em kg, da massa m ?

- a) 5.
- b) 4.
- c) 3.
- d) 2.
- e) 1.

05. Qual a diferença entre uma nave espacial, uma sonda espacial e um satélite?

06. No espaço um ônibus espacial se movimenta sem combustível utilizando apenas o princípio da inércia. Então, para que serve a força produzida pelo combustível?

MÓDULO 4

Quadro 6: Descrição do plano de aula para o módulo 4.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 4: História da Astronomia		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Promover um estudo interdisciplinar sobre a história da astronomia		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	<p>Física: A astronomia na antiguidade e na Grécia Antiga. O geocentrismo e o domínio das ideias filosóficas de Aristóteles. O heliocentrismo e a grande revolução científica.</p> <p>Filosofia: Pensamentos filosófico da Grécia Antiga, Teologia Cristã Escolástica de Tomás de Aquino e o pensamento da ciência moderna.</p>	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CHS204)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		
Momento 1	Os alunos assistem o vídeo pelo youtube ou pelo classroom História da Astronomia – Projeto Gravitação – Prof. Michel Corci https://www.youtube.com/watch?v=OiTuYXbFd10&t=460s	Etapa assíncrona
Momento 2	Discussão coletiva do vídeo via google meet	Etapa síncrona

	<ul style="list-style-type: none">• Discutir os desenvolvimentos históricos da astronomia em diversas épocas e lugares, desde seu surgimento na antiguidade até Nicolau Copérnico e o heliocentrismo• Promover uma relação de estudos da astronomia entre ciência e filosofia. <p>Esse momento pode contar com a presença do professor de física e filosofia para realizar a discussão de uma relação íntima entre filosofia e astronomia que passa por diferentes fases: a primeira fase de sobreposição dos trabalhos dos filósofos e dos astrônomos, a segunda, em que a sofisticação crescente dos modelos astronômicos torna a relação filosofia e a astronomia mais aprofundada, e a terceira, em que os astrônomos, de posse de modelos capazes de fornecer previsões, passam a atuar também no campo filosófico, propondo concepções epistemológicas e éticas.</p>	
--	---	--

Fonte: Autoria própria (2021)

Material de apoio ao professor para trabalhar o tema História da Astronomia

Desde os tempos antigos, o céu tem sido usado como um mapa, calendário e relógio. De acordo com Rooney (2018), o registro astronômico mais antigo 3000 a.C é atribuído aos chineses, babilônios e egípcios. Os estudos naquela época sobre os corpos celestes tinham finalidades práticas, como construção de calendário, previsões adequadas para plantios e colheitas, ou até mesmo para fins astrológicos.

Um dos grandes marcos da história da Astronomia antiga ocorreu na Grécia 600 a.C. a 400 d.C. Com o intuito de compreender a natureza do cosmos e a partir da curiosidade, surgiram as primeiras características sobre o nosso universo (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Nesse sentido, grandes pensadores gregos de alguma forma tentaram explicar nosso universo. Entre eles podemos destacar: Tales de Mileto (624 - 546 a.C.) inicia os estudos da astronomia e geometria, ele calculou a duração do ano e os horários dos equinócios e solstícios. Pitágoras de Samos (572 - 497 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) acreditavam que os corpos celestes eram esféricos.

Aristarco de Samos (310 - 230 a.C.) propõe há quase 2000 anos antes de Nicolau Copérnico que a Terra gira em torno do Sol, Eratóstenes de Cirênia (276 - 194 a.C.) foi o primeiro a medir o diâmetro da Terra; Hiparco de Nicéia (160 - 125 a.C.), considerado o maior astrônomo da era pré-cristã, elaborou um catálogo com a posição no céu e a magnitude das estrelas. Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) foi o último astrônomo importante da antiguidade que estabeleceu o modelo geocêntrico que viria a perdurar até a renascença. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

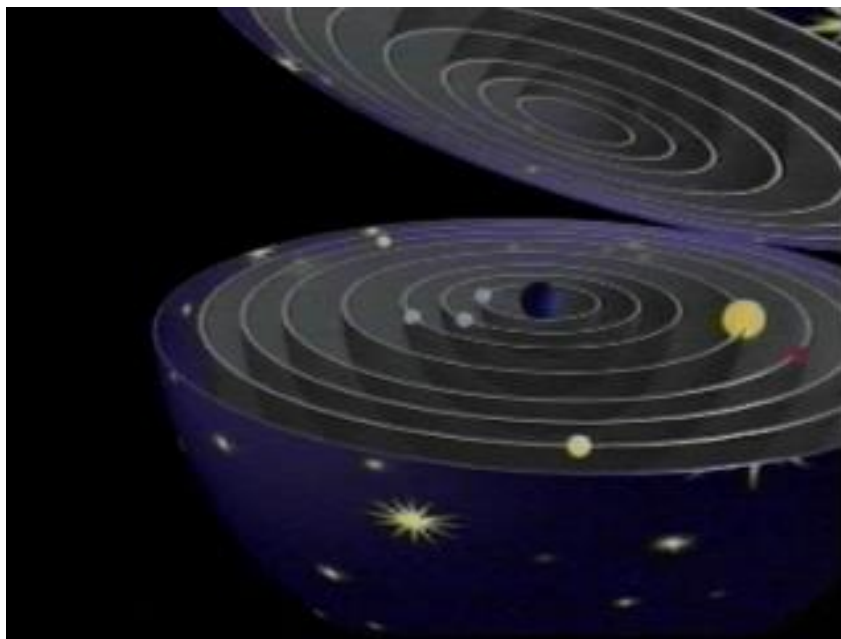
O geocentrismo e as ideias de Aristóteles.

As ideias filosóficas de Aristóteles desde o século IV a.C., até o século XVI d.C., se mantiveram como os únicos pensamentos formulados sobre os fenômenos físicos e a estrutura do Universo (PORTO & PORTO, 2008). Ele acreditava que o Universo era formado por dois mundos: O mundo sublunar, onde tudo é submetido à “corrupção”, no

sentido de imperfeição e mudança, e o mundo supralunar, onde tudo é imutável e perfeito (VERDET, 1991).

Segundo Nogueira (2009), a Terra possui um formato esférico e encontra-se localizada no centro do universo que é finito. Tal universo estaria organizado em camadas esféricas e concêntricas em uma estrutura semelhante a uma cebola, de acordo com a Figura 3.

Figura 3: Representação de uma Terra esférica como centro de um universo finito.



Fonte: Página Geo - Conceição⁶

A descrição formal do pensamento aristotélico foi feita por Ptolomeu (85-165 d.C.), um grande astrônomo da antiguidade, em sua obra o *Almagesto*. Tal produção foi considerada a maior fonte de conhecimento sobre a astronomia na Grécia. Partindo da hipótese aristotélica, criou um modelo geométrico para explicar os movimentos planetários, ou seja, desenvolveu o primeiro sistema planetário geocêntrico.

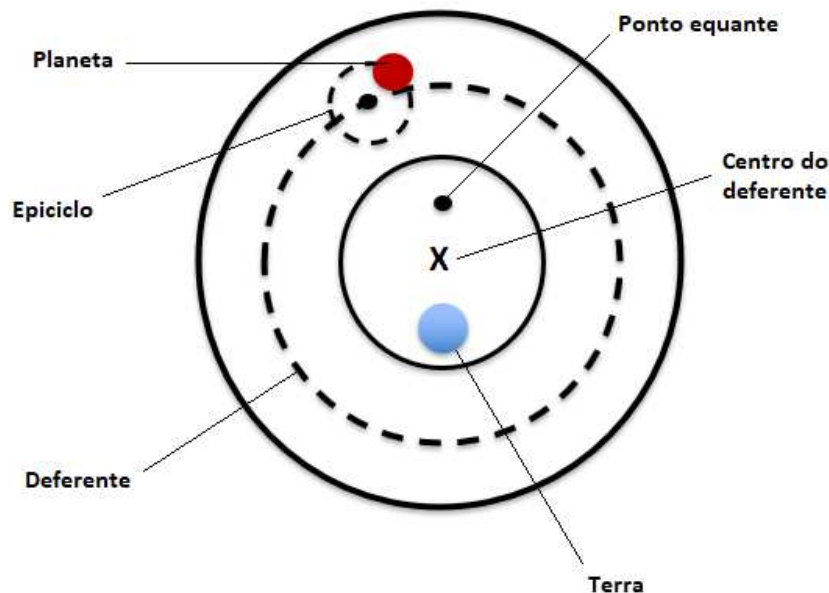
Na tentativa de explicar o movimento retrógrado do planeta Marte desenvolveu um formalismo contendo epíclis, cujo centro se move à volta da Terra em grandes circunferências, denominadas deferentes, que permitia prever o movimento dos planetas com considerável precisão e que foi usado até o Renascimento, no século XVI.

Nesse sistema, cada planeta se move num pequeno círculo (epíclis), conforme a Figura 4, cujo centro se move ao redor da Terra, a qual é estacionária e está no centro

⁶ Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetas-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

do Universo. Como Mercúrio e Vênus são vistos sempre perto do Sol, Ptolomeu colocou o centro de seus epiciclos sobre uma linha entre a Terra e o Sol, com o centro dos epiciclos movendo-se ao redor da Terra, num círculo condutor (deferente) (ROONEY, 2018).

Figura 4: Representação da explicação de Ptolomeu para o movimento dos planetas



Fonte: ROONEY, 2018, p. 49

De acordo com Rooney, 2018:

Com o deferente deslocado da Terra, seu foco central é um ponto do espaço chamado “excêntrico”. Ptolomeu acrescentou outro ponto, posto à Terra e equidistante do excêntrico, que chamou de “equante”. A velocidade do planeta era uniforme em relação ao equante. Isso significa que, se pudéssemos ficar no equante e observar, o centro do epiciclo do planeta sempre se moveria com a mesma velocidade angular. Em qualquer outro lugar, inclusive na Terra, o planeta seria visto indo mais depressa em algumas partes da órbita do que em outras. Isso restaurava o movimento circular uniforme que Aristóteles exigia e, ao mesmo tempo, explicava os movimentos aparentes dos planetas quando vistos da Terra (ROONEY, 2018, p. 48-49).

Esse modelo Aristotélico-ptolomaico ficou conhecido como geocêntrico, e colaborou com as explicações dos movimentos dos corpos celestes por muito tempo, e, só foi abandonado a partir da criação da mecânica de Newton o que consolidou um período conhecido como revolução científica (PONCZEK, 2002).

A Astronomia na Idade Média - O heliocentrismo e a revolução científica.

De acordo com Rooney (2018), a ideia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aristarco de Samos; ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu ainda que a Terra girava em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante.

Segundo Nogueira (2009), a teoria de que a Terra estaria em movimento não era muito atraente, porque contrariava o prestigiado pensamento aristotélico da época.

O astrônomo Nicolau Copérnico (1473 - 1543), trouxe em suas concepções sobre o universo, ideias que representaram as primeiras rupturas com a antiga visão Aristotélica de mundo, dando início aos primeiros passos da Revolução Científica denominada revolução Copernicana (PONCZEK, 2002).

O abalo definitivo do modelo cosmológico aristotélico-ptolomaico veio no século seguinte, com a teoria heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico. Segundo Copérnico, o Sol passava a ocupar o centro do Universo, enquanto a Terra e os demais planetas giravam ao seu redor. Copérnico, no entanto, manteve, ainda sob influência do antigo modelo cosmológico, a ideia de um Universo finito, fechado por esferas, onde os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas (PORTO; PORTO, 2008, p. 4601-4).

Essa nova visão do universo incomodava muito e por isso não obteve a total aceitação, diante disso a revolução copernicana só passa a ser aceita mais adiante, pois até aquele momento, a ciência era representada pela igreja, que se utilizava de argumentos bíblicos para resistir à nova revolução (PONCZEK, 2002).

Ainda que com essas lacunas teóricas, as ideias de Nicolau Copérnico representaram uma das grandes revoluções da história das ciências. Mas a substituição da teoria aristotélica passaria por Kepler, recaindo nos ombros de Galileu e sendo

concluída por Newton. Nesse período a astronomia passa a ser chamada de astronomia moderna. Na astronomia moderna, Kepler e Galileu acreditavam que o Universo estava matematicamente organizado e que a ciência era feita, comparando hipóteses como os dados observados experimentalmente (PONCZEK, 2002).

Nogueira e Canalle (2009), ressaltam a importância do Modelo de Copérnico, relatando a longa trajetória da passagem do modelo Geocêntrico para o Heliocentrismo:

Com sua obra, o polonês abriu uma porta que jamais voltaria a ser fechada. De fato, o seu modelo heliocêntrico parecia concordar mais com as observações do que o de Ptolomeu, e logo muitos cientistas se entusiasmaram pela novidade. Entre eles, dois dos mais importantes foram o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o italiano Galileu Galilei (1564-1642). Mas o geocentrismo ainda tentaria uma última cartada com o maior astrônomo de seu tempo, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) (NOGUEIRA; CANALLE, 2009, P.38).

Durante muitos anos o dinamarquês Tycho Brahe fez registros das posições dos planetas com muita precisão (VERDET, 1991).

Ainda de acordo com o autor supracitado, o alemão Johannes Kepler, acreditava que o modelo de Copérnico seria capaz de descrever matematicamente um Universo ordenado e harmonioso. E usando dados coletados por Tycho Brahe sobre as oposições de Marte, Kepler descobriu que o sistema de Copérnico funcionava perfeitamente, desde que fossem usadas elipses ao invés dos círculos da trajetória dos planetas, com o Sol em um de seus dois focos.

Outro nome que deu um novo rumo à astronomia moderna foi Galileu Galilei. Galileu teve contribuições na produção de instrumentos de medida utilizados na área militar, colaborou ainda de maneira valiosa para a Física, utilizando o chamado método experimental e para a Astronomia com suas observações da Lua, de Júpiter e de Vênus com seu instrumento telescópio.

Os experimentos de Galileu foram importantes para o desenvolvimento da nossa atual mecânica. Uma série de observações feitas por Galileu ao planeta Vênus, permitiram inferir que o Sol, e não a Terra, era o centro do Universo. Com relação às observações feitas por Galileu, podemos destacar descobrimentos das manchas solares, as montanhas da Lua, as luas de Júpiter e as fases de Vênus (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Em seu trabalho sobre o Fascínio do Universo, Damineli e Steiner (2010), trazem ideias que complementam a tese de que Galileu com suas observações astronômicas comprovou que a teoria do Heliocentrismo era verdadeira.

Galileu Galilei (1564-1642), que foi um dos primeiros a examinar o céu com ajuda de um telescópio – e a desenhar, a mão, o que tinha visto na Lua, no Sol, em Júpiter e em Saturno, espantando a sociedade de sua época (DAMINELI; STEINER, 2010, p.18).

Estas evidências tiveram grande impacto, atingindo fortemente o geocentrismo. A Igreja Católica, começa a discordar das interpretações dadas aos dados observados por Galileu. Suas ideias foram criticadas, o que levou a mira da Inquisição, na qual teve de se explicar perante a Igreja, assim foi acusado de ensinar “má ciência” e advertido de que a teoria heliocêntrica deveria ser ensinada apenas como uma hipótese por ser contrária ao que a Bíblia propunha (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Os princípios e as leis da dinâmica concebidos por Newton constituem o passo fundamental para o desenvolvimento da ciência moderna. Newton é considerado o fundador da mecânica clássica. Suas ideias influenciaram todo o pensamento científico e filosófico do século XVIII.

Damineli e Steiner (2010), mostram que dentre os problemas da mecânica celeste, ele deu a explicação física para o comportamento dos planetas, deduzindo leis de Newton e a lei da gravitação universal a partir das leis de Kepler.

A teoria da gravidade do físico inglês Isaac Newton (1643-1727) foi deduzida diretamente das leis de Johannes Kepler (1571-1630), que diziam como os planetas se moviam em torno do Sol (DAMINELI; STEINER, 2010, p.21).

A teoria da gravitação publicada por Newton foi o golpe final na teoria Geocêntrica.

MÓDULO 5

Quadro 7: Descrição do plano de aula para o módulo 5.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 5: Leis de Kepler		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Compreender as Leis de Kepler		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	Física: Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas, Segunda Lei de Kepler: Lei das áreas e Terceira Lei de Kepler: Lei dos períodos.	
ÁREAS DA BNCC		
Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 1	(EM13MAT103)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		
Momento 1	Aula ao vivo via google meet: Discutir as três Leis de Kepler em uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada, fazendo interação com os alunos por meio de atividades práticas.	Etapa síncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Leis de Kepler

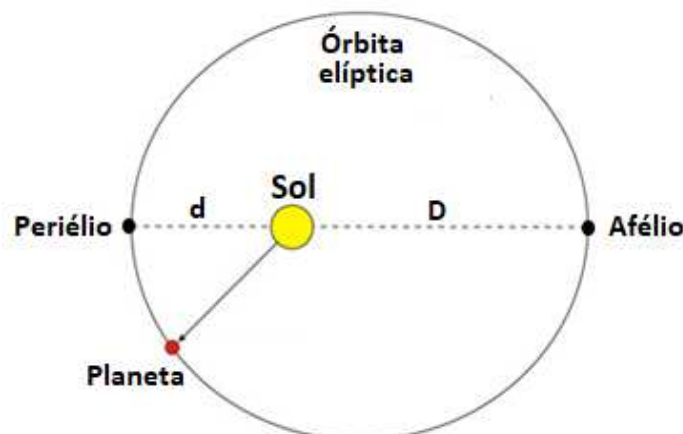
Em 1687, foi publicada a obra de Isaac Newton, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, que viria agregar diferentes conhecimentos de diferentes autores da época. A obra de Newton foi dividida em três partes, a primeira abordava os Fundamentos da Mecânica, a segunda abordava o que chamamos de Mecânica dos Fluidos e a terceira parte discutia o Sistema do Mundo. Nesta terceira parte Newton volta-se para problemas oriundos da Mecânica Celeste e descreve o que conhecemos como teoria da Gravitação Universal, ou seja, a partir dos recursos matemáticos desenvolvidos na primeira parte do livro, de Fundamentos da Mecânica, juntamente com os princípios apresentados por Kepler para a descrição dos movimentos dos corpos celestes ele chega à Lei do inverso do quadrado.

Para a compreensão desta Lei devemos entender como Johannes Kepler a partir de um volumoso conjunto de dados precisos sobre os movimentos aparentes compilados pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe descreveu os movimentos dos planetas (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p. 14).

Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas

Os planetas orbitam o Sol em trajetórias elípticas, onde o Sol ocupa um dos focos da elipse, como mostra a figura 4.

Figura 4: Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol.

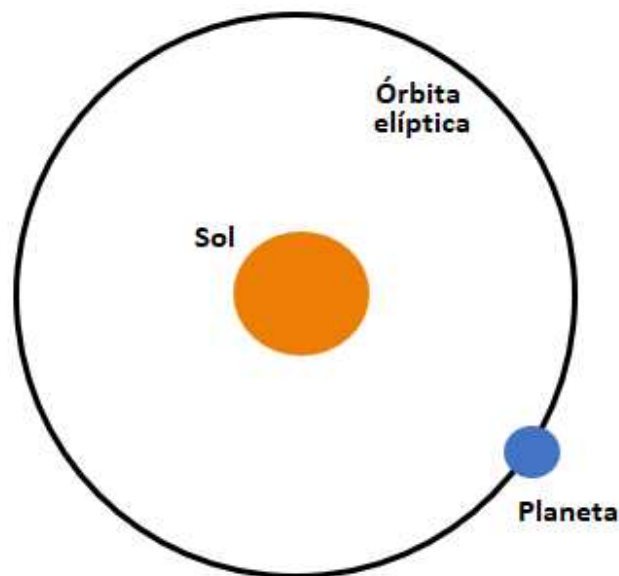


Fonte: Autoria própria (2021)

A excentricidade orbital encontra-se propositadamente acentuada para destacar as variações das distâncias do planeta ao Sol. Perceba que pela trajetória não ser circular, durante seu movimento a distância entre o planeta e o Sol varia conforme sua posição na trajetória. Isso significa que ora o planeta está mais próximo do Sol, no periélio e ora está mais afastado, no afélio. Ao olharmos para o nosso planeta Terra a distância do mesmo ao Sol no periélio é de 147 milhões de quilômetros, $d = 1,47 \cdot 10^8$ km, e no afélio de 152 milhões quilômetros, $D = 1,52 \cdot 10^8$ km. A média aritmética desses valores é chamada de distância média, ou raio médio (R) e vale 150 milhões de quilômetros, $R = 1,5 \cdot 10^8$ km (NASA, 2000).

De acordo com Menezes e Batista (2020) as órbitas planetárias são bastante próximas de circunferências (Figura 5), isto é, possuem excentricidades baixas. Para se ter uma ideia a excentricidade da órbita da Terra varia entre 0 e 0.070 em um ciclo que leva entre 90 000 e 100 000 anos. Atualmente a excentricidade é de cerca de 0.017.

Figura 5: Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol com uma excentricidade baixa.



Fonte: Autoria própria (2021)



SAIBA MAIS!

Na tabela 1 temos alguns parâmetros orbitais para os planetas que compõem o Sistema Solar.

Tabela 1: Parâmetros orbitais

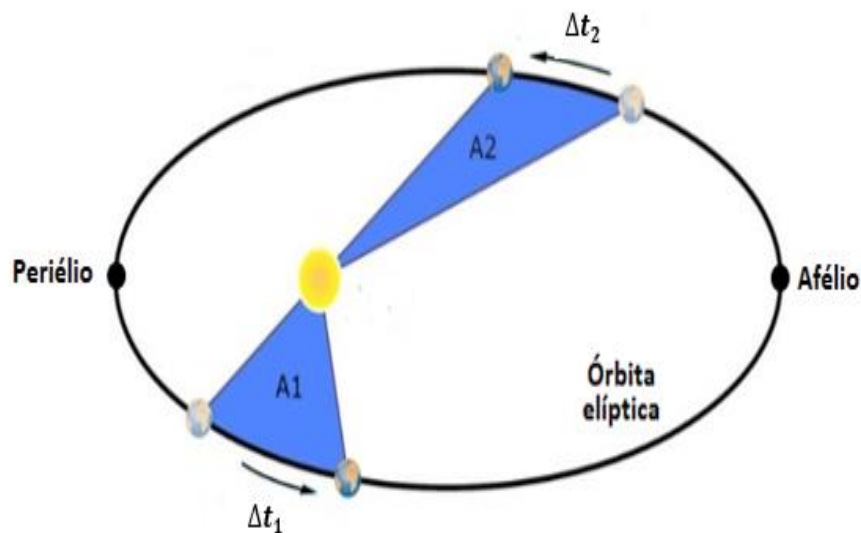
Planeta	Excentricidade da órbita	Raio Médio (km)
Mercúrio	0,200	2439
Vênus	0,007	6052
Terra	0,017	6378
Marte	0,093	3397
Júpiter	0,048	71492
Saturno	0,054	60268
Urano	0.047	25559
Netuno	0,009	24764

Fonte: Pietrocola et al. (2016, p.263) adaptado

Segunda Lei de Kepler: Lei das áreas

Quando um planeta se move em sua órbita, sua velocidade linear, velocidade angular e o raio da órbita variam todos. No entanto, o raio vetor (vetor do Sol até o planeta) varre áreas iguais em tempos iguais como mostra a Figura 6.

Figura 6: Trajetória elíptica descrita por um planeta hipotético em torno do Sol.



Fonte: Autoria própria (2021)

Algebricamente podemos dizer que:

$$\frac{A1}{\Delta t_1} = \frac{A2}{\Delta t_2} = \text{constante } (k)$$



SAIBA MAIS!

No periélio o planeta percorre um arco maior em sua trajetória no mesmo intervalo de tempo, isso porque as áreas varridas são iguais, logo a velocidade orbital da Terra em torno do Sol no periélio é maior que no afélio:

$$v_{\text{periélio}} = 108\,137\text{km/h} = 30,03\text{m/s}$$

$$v_{\text{afélio}} = 106\,344\text{km/h} = 29,52\text{m/s}$$

Assim, quando o planeta descreve sua órbita no sentido do periélio para o afélio o movimento descrito é considerado retardado, e quando o planeta descreve sua órbita no sentido do afélio para o periélio o movimento descrito é considerado acelerado.

Terceira Lei de Kepler: Lei dos períodos

Se R for a metade do comprimento do eixo maior da elipse orbital, e T for o período de revolução do planeta em torno do Sol quando visto por um observador fixo no espaço (período sideral), então a relação $\frac{T^2}{R^3}$ será a mesma para todos os planetas.

Assim:

$$\frac{T^2_{\text{Mercúrio}}}{R^3_{\text{Mercúrio}}} = \frac{T^2_{\text{Vênus}}}{R^3_{\text{Vênus}}} = \frac{T^2_{\text{Terra}}}{R^3_{\text{Terra}}} \dots$$

ATIVIDADES

01. Com base nos seus conhecimentos acerca da Primeira Lei de Kepler, assinale a alternativa correta.

- a) A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol é sempre constante ao longo da órbita.
- b) A razão entre o quadrado do período orbital dos planetas que orbitam a mesma estrela e o cubo do raio médio de suas órbitas é constante.
- c) A órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
- d) A linha imaginária que liga a Terra até o Sol varre áreas iguais em períodos iguais.
- e) A velocidade de translação dos planetas depende da distância em que o planeta se encontra do Sol.

02. Com relação à energia cinética de um planeta que orbita o Sol em uma órbita elíptica, assinale a alternativa correta.

- a) Quanto mais distante o planeta estiver do Sol, maior deverá ser a sua energia cinética.
- b) A energia cinética torna-se máxima nas proximidades do periélio e mínima nas proximidades afélio.
- c) A energia cinética do planeta em órbita do Sol permanece sempre constante.
- d) A energia cinética torna-se mínima nas proximidades do periélio e máxima nas proximidades afélio.
- e) A cada órbita, parte da energia cinética do planeta se perde, devido ao atrito com ar.

03. De acordo com a Terceira Lei de Kepler, conhecida como lei dos períodos, é **falso** afirmar que:

- a) o cubo do raio médio das órbitas é proporcional ao quadrado do período orbital.
- b) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à massa do Sol.
- c) o quadrado do raio médio das órbitas é proporcional ao cubo do período orbital.
- d) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à constante da gravitação universal.
- e) todas são falsas.

04. Certo planeta A, que orbita em torno do Sol, tem período orbital de 1 ano. Se um planeta B, tem raio orbital 3 vezes maior, qual será o tempo necessário para que esse planeta complete uma volta em torno do Sol.

- a) 1,5 anos
- b) 2,5 anos
- c) 8,0 anos
- d) 3,5 anos
- e) 5,2 anos

05. Johannes Kepler apresentou seu trabalho com grande riqueza de detalhes. Considerando as várias possibilidades de análise a partir das suas Leis, responda:

- a) O movimento dos planetas em torno do Sol é acelerado ou retardado?

b) Que Lei de Kepler permite chegar a essa conclusão? Justifique sua resposta.

MÓDULO 6

Quadro 8: Descrição do plano de aula para o módulo 6.

PLANO DE AULA		
MÓDULO 6: Lei da Gravitação Universal de Newton e suas aplicações.		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Promover um estudo da gravitação Universal		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
Objetos de conhecimento	Física: Newton e a Força Gravitacional, lei do inverso ao quadrado, Satélite em órbita circular, Satélites geostacionário, Campo gravitacional terrestre, Energia Potencial gravitacional e Velocidade de escape.	
ÁREAS DA BNCC		
Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13MAT103)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Sala de aula invertida		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Remoto Intencional		

Momento 1	<p>Os alunos assistem os vídeos pelo canal do youtube ou no classroom</p> <p>Gravitação Universal - Parte 1 - Prof. Michel Corci</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=xmm1Xd_WPqY&feature=youtu.be</p> <p>Gravitação Universal - Parte 2</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=Ft_YyoXy83Q</p> <p>Gravitação Universal - Parte 3</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=qBd6Td0ZUml&t=4s</p>	Etapa assíncrona
Momento 2	<p>Discussão coletiva via google meet</p> <p>Discutir o tema gravitação universal a partir dos vídeos que foram disponibilizados com uma abordagem conceitual e matematizada.</p> <p>Explorar a importância de trabalhar mapas mentais a fim de constituir para os alunos uma estratégia pedagógica de grande relevância para a construção de conceitos científicos, ajudando-os a integrar e relacionar informações e atribuir significado ao que estão estudando.</p>	Etapa síncrona
Momento 3	<p>Atividade: Essa atividade os alunos irão construir o mapa mental. Lembrando que o tema central é GRAVITAÇÃO. E as ramificações serão por conta de cada um.</p>	Etapa assíncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Gravitação Universal

Newton e a Força Gravitacional⁷

Fragmento do texto publicado na revista Física na Escola

Olival Freire Junior

Manoel Matos Filho

Adriano Lucciola do Valle

Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia

[...]

No Livro III⁸, Newton apresenta um conjunto de fenômenos astronômicos, mostrando que eles obedecem às leis de Kepler. Desse modo, Newton mostra que os satélites de Júpiter e de Saturno descrevem áreas proporcionais ao tempo de percurso e que seus períodos e distâncias orbitais estão em uma proporção similar à 3^a. Lei de Kepler (Fenômenos 1 e 2); mostra que os cinco planetas primários [Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno] giram em torno do Sol (Fenômeno 3); que os períodos dos cinco planetas primários, mais o período da Terra em torno do Sol, ou do Sol em torno da Terra, mantêm com as respectivas distâncias orbitais a relação identificada por Kepler, que hoje denominamos de 3^a Lei de Kepler (Fenômeno 4); que os cinco planetas primários só obedecem à lei das áreas de Kepler se tomarmos a distância dos planetas ao Sol e que o mesmo não ocorrerá se tomarmos as distâncias dos mesmos planetas à Terra [o que deve ser considerado um argumento favorável ao heliocentrismo] (Fenômeno 5); e, por fim, que a Lua varre áreas iguais em tempos iguais (Fenômeno 6). Como Newton havia demonstrado no Livro I, trajetórias que satisfazem relações como as Leis de Kepler devem ser causadas por uma força que varia com o inverso do quadrado da

⁷ Sugerimos a leitura do artigo na íntegra - Física na Escola, v. 5, n. 1, 2004

⁸ Terceira parte do livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural.

distância. Desse modo as proposições 1, 2, e 3 são dedicadas a mostrar que a força centrípeta sobre os satélites de Júpiter, sobre os planetas primários e sobre a Lua são todas proporcionais ao inverso do quadrado da distância ao centro de cada movimento.

Só então é que Newton introduz, na Proposição 4, a ideia de uma força gravitacional, tal qual conhecemos hoje. Deve ser notado que, até Newton, a expressão “a Lua gravita na direção da Terra ...” era um *non-sense*⁹, porque a palavra gravidade era usada exclusivamente com o significado de “peso terrestre”. Newton busca associar dois resultados experimentais numéricos bem estabelecidos à época: a gravidade terrestre e a aceleração centrípeta da Lua. Esta identidade de efeitos (valores iguais para a aceleração) deve levar, conforme a Regra de Filosofar número 2, que Newton havia enunciado no início desse mesmo Livro III, a uma identidade de causas; logo, a força que acelera uma pedra na superfície da Terra é da mesma natureza da força que mantém a Lua em sua órbita. Não era ainda a ideia de uma gravitação “universal”, o que demandaria examinarmos as Proposições subsequentes, mas foi o passo mais significativo na estratégia newtoniana para a introdução dessa ideia.

[...]



As leis de Kepler apresentam uma descrição cinemática para o sistema planetário. Entretanto, do ponto de vista dinâmico, que tipo de força o Sol exerce sobre os planetas, obrigando-os a se moverem de acordo com as leis de Kepler?

Na tentativa de responder tal pergunta, devemos entender que Newton ao analisar o movimento da Lua e concluiu que ela está sujeita ao mesmo tipo de força que faz com que os corpos caiam na superfície da Terra. A partir desta análise Newton generalizou que tal ideia e concluiu que a força gravitacional era também responsável por manter os planetas orbitando ao redor do Sol.

⁹ Expressão inglesa que denota algo sem sentido

Tomando por base a noção de aceleração centrípeta já descrita no momento e as leis de Kepler, Newton descreve a lei do inverso do quadrado.

De acordo com Dias et al. (2004), A lei do inverso do quadrado seria, apenas, uma parte da *Gravitação Universal*. A descoberta importante feita por Newton. seria a interação mútua, ou seja, as ações de corpos que atraem e são atraídos são mútuas e iguais. A partir do exposto podemos dizer que a lei do inverso do quadrado pode ser evidenciada a partir da lei de Kepler, conhecida hoje por nós como Lei dos Períodos. Em 1714, Newton chega a afirmar que havia chegado à ideia Lei do inverso do quadrado ($F \propto \frac{1}{d^2}$), a partir da junção da 3ª lei de Kepler ($T^2 \propto r^3$) e pela tendência centrífuga que em uma notação atual pode ser expressa por $a = \frac{v^2}{r}$.

Entendendo a Lei do inverso do quadrado

Partimos da força centrípeta

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad (8)$$

mas

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (9)$$

e T é o período do movimento

$$F = m \cdot \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2 r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2 r}$$

$$F = m. (2\pi)^2. \frac{r}{T^2} \quad (10)$$

Multiplicamos o numerador e o denominador por r^2

$$F = m. (2\pi)^2. \frac{r^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2}$$

Lembramos que a terceira Lei de Kepler é dada por:

$$\frac{r^3}{T^2} = k = \text{constante}$$

Assim,

$$F = \left[m. (2\pi)^2. \frac{r^3}{T^2} \right] \cdot \frac{1}{r^2}$$

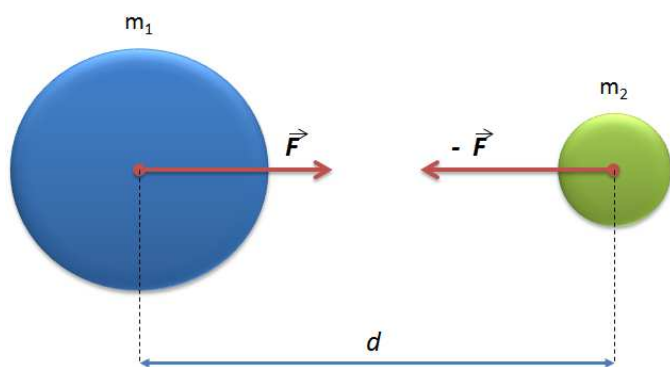
$$F = [\text{constante}] \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$F = [G. M. m] \cdot \frac{1}{r^2} \quad (11)$$

Onde G é a constante gravitacional e M e m as massas que se atraem mutuamente e r a distância entre as massas.

Assim, numa linguagem simplificada podemos dizer que:

Dois corpos com massas atraem-se mutuamente por meio de forças que têm a direção da reta que os une e cujas intensidades são diretamente proporcionais ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa.



Fonte: Autoria própria (2021)

Sendo m_1 e m_2 as massas dos corpos e d , a distância entre seus centros, conforme a figura ao lado, é possível representar algebricamente essa lei pela equação.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad (12)$$

Em que G é uma constante de proporcionalidade denominada constante gravitacional. Seu valor não depende dos corpos nem da distância entre eles ou do meio que os envolve, depende somente do sistema de unidades utilizado. No sistema Internacional, esse valor é:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$



A força que a Lua exerce sobre a Terra é igual, em módulo, à força que a Terra exerce sobre a Lua. Com base nessa informação tente explicar por que a Lua não cai na Terra.

Conheça o nosso satélite natural

A Lua é o único satélite natural da Terra e o quinto maior do Sistema Solar. É o maior satélite natural de um planeta no sistema solar em relação ao tamanho do seu corpo primário, tendo 27% do diâmetro e 60% da densidade da Terra, o que representa $\frac{1}{81}$ da sua massa (MICHA, 2018).

Diâmetro da Lua: 3.474,2 km

Distância da Terra: 384.400 km

Gravidade: 1,62 m/s²

Período orbital: 27 dias

A Lua possui muitos movimentos, mas pode-se destacar três como principais: translação, rotação e revolução.

O movimento de translação é o que ela faz em torno do Sol, acompanhando a Terra. Sua duração é de um ano, como o da Terra, portanto, 365 dias.

O movimento de rotação é o que ela faz em torno do seu próprio eixo, e o movimento de revolução é o que ela faz ao redor da Terra.

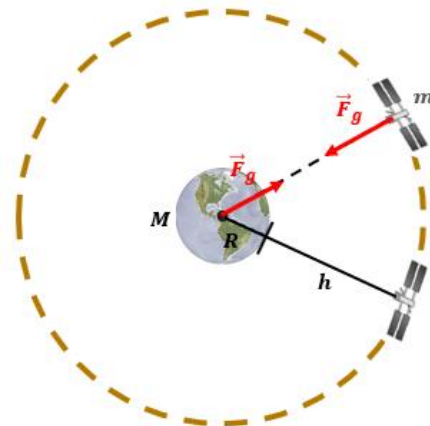
De acordo com Langhi (2011), os movimentos de rotação e revolução têm a mesma duração, pois são realizados, em tempos iguais, num período aproximado de 28 dias, nesse período a Lua passa por quatro fases bem distintas.

O período de revolução da Lua em torno da Terra é igual ao período em que ela gira em torno do seu próprio eixo. Por isso, vemos da Terra sempre a mesma face da Lua.

Satélite em órbita circular

Considere que um satélite de massa m esteja em órbita circular de raio r em torno da Terra de massa M , como mostra a Figura 7.

Figura 7: Satélite de massa m movendo-se em órbita circular de raio r em torno da Terra



Fonte: Autoria própria (2021)

A primeira observação importante é que a distância r é a distância do centro da Terra até o satélite, ou seja, devemos somar o raio da Terra (R) a distância da superfície da Terra até o satélite (h).

$$r = R + h \quad (13)$$

Outra observação importante que se deve fazer é que a força resultante sobre o satélite é a força gravitacional \vec{F}_g . No entanto no Movimento Circular a força resultante recebe o nome de força centrípeta \vec{F}_c .

Pode-se então, a partir da lei da Gravitação Universal, determinar a velocidade de translação do satélite em torno da Terra. Sabendo que a força de atração gravitacional entre M e m , a qual atua no satélite, é a resultante centrípeta, necessária para mantê-lo em órbita pode-se fazer:

$$F_g = G \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{e} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$F_c = F_g$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$v^2 = G \frac{M}{r} \quad (14)$$

Como: $r = R + h$

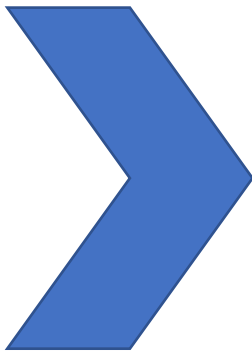
$$v = \sqrt{G \frac{M}{(R+h)}} \quad (15)$$

Satélite geoestacionário

Um satélite geoestacionário parece estar parado, para um observador na Terra, porque ele gira sobre um ponto do equador com um período igual ao de rotação da Terra. Para que isso seja possível o satélite e o planeta precisam ter a mesma velocidade angular.



SAIBA MAIS!



SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES (SGDC)

O SGDC é um satélite de comunicação geoestacionário brasileiro que foi construído pela Thales Alenia Space. Ele está localizado na posição orbital de 75 graus de longitude oeste e é operado pela Telebrás. O satélite foi baseado na plataforma Spacebus-4000 e sua expectativa de vida útil é de 18 anos.

Para se determinar a distância média que o satélite deve orbitar a Terra utiliza-se o modelo matemático apresentado anteriormente para a determinação da velocidade orbital.

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

$$v^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

Mas, a velocidade linear v pode ser escrita como:

$$v = \omega \cdot r = \frac{2\pi}{T} r$$

Em que ω é a velocidade angular orbital do satélite e T , o seu período de rotação. Para encontrarmos a distância r devemos substituir essa expressão da velocidade na equação anterior.

$$\left(\frac{2\pi}{T} r\right)^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} r^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

$$r^3 = G \cdot \frac{MT^2}{4\pi^2}$$

$$r = \sqrt[3]{G \cdot \frac{MT^2}{4\pi^2}} \quad (16)$$



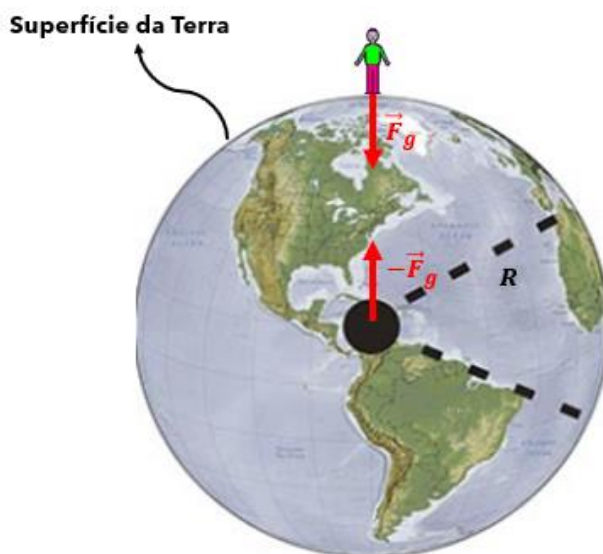
Considerando que a massa da Terra vale $5,97 \cdot 10^{24} \text{kg}$, que seu raio vale $6,4 \cdot 10^6 \text{m}$ e o seu período de rotação vale 24h. Encontre a altura h do satélite acima da superfície terrestre. Utilize o valor de G adotado pela literatura.

Campo gravitacional terrestre

Campo gravitacional pode ser definido como a área que sofre algum tipo de alteração causada por corpos que possuem massa. Ou seja, quando dois são atraídos por conta da massa que existe entre eles a região dessa interação leva o nome de campo gravitacional. Assim numa linguagem simples podemos dizer que o campo gravitacional terrestre é a região de atuação da Terra, ou seja, sempre que um corpo de massa m for colocado nessa região de atuação da Terra, ele ficará sujeito a ação de uma força de atração gravitacional.

Se o corpo for solto na superfície da Terra podemos dizer que a força de atração gravitacional é o próprio peso do corpo, Figura 8.

Figura 8: Representação do peso do corpo na superfície da Terra



Fonte: Autoria própria (2021)

$$P = F_g$$
$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$$
$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \quad (17)$$

Essa expressão nos dá o módulo da aceleração da gravidade em um ponto na superfície da Terra.

A expressão encontrada para a aceleração da gravidade é válida para qualquer planeta, sendo M a sua massa e R o seu raio.

Caso o corpo de massa m esteja a uma distância h da superfície da Terra como mostra a Figura 7 podemos utilizar a expressão acrescida dessa distância, ou seja,

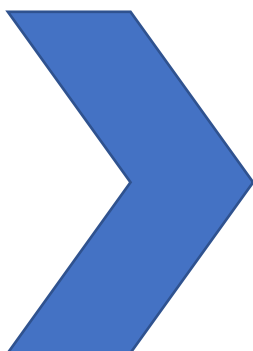
$$g = G \cdot \frac{M}{(R+h)^2} \quad (18)$$

Você sabia?

- A sensação de estar fixo sob a superfície terrestre é advinda do campo gravitacional;
- Os satélites e a Lua permanecem na órbita da Terra por conta do campo gravitacional que possui.



SAIBA MAIS!



Campo gravitacional no interior da Terra

Considerando a Terra perfeitamente esférica, homogênea e em repouso, o campo gravitacional, no interior da Terra, varia linearmente com a distância, medida a partir do centro da Terra. A figura a seguir ilustra o comportamento da intensidade do campo gravitacional para pontos internos a superfície e pontos externos da Terra.

Energia Potencial gravitacional

Sob a ação da força gravitacional, um corpo, inicialmente em repouso, desloca-se em direção ao corpo de maior massa, o que significa que a força gravitacional realiza trabalho. Se considerarmos um deslocamento entre dois pontos, um situado a uma distância r do centro da Terra e o outro no infinito (no infinito a energia potencial gravitacional é convencionalmente igual a zero).

O trabalho realizado nesse deslocamento é igual a variação da energia potencial do corpo de massa m no campo gravitacional da massa M é expresso por:

$$\tau = -\Delta E_p \quad (19)$$

$$\tau = E_p = -G \frac{M.m}{r} \quad (20)$$

Esse trabalho só depende das massas envolvidas e da distância entre elas.

Velocidade de escape

Quando lançamos um corpo verticalmente para cima, ele sobe até uma determinada altura e retorna ao ponto de partida. Se aumentarmos a velocidade de lançamento o corpo atingirá uma maior altura e retornará novamente ao ponto de partida. Mas, se continuarmos aumentando cada vez mais a velocidade de lançamento, atingiremos um valor, denominado velocidade de escape, para o qual o corpo escapa da atração gravitacional terrestre.

Para obtermos a velocidade de escape, devemos considerar um ponto bem afastado da superfície terrestre, no infinito (no infinito a energia potencial gravitacional é considerada zero e é desnecessário que o corpo tenha energia cinética, assim, a energia mecânica no infinito é igual a zero).

Como o sistema é conservativo a energia mecânica na superfície da Terra é igual a energia mecânica no infinito, logo:

$$\begin{aligned}
 E_{M \text{ superfície}} &= E_{M \text{ infinito}} \\
 E_c + E_p &= 0 \\
 \frac{m \cdot v_e^2}{2} + \left(-\frac{G \cdot M \cdot m}{r} \right) &= 0 \\
 \frac{v_e^2}{2} &= \left(\frac{G \cdot M}{r} \right) \\
 v_e &= \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{r}} \tag{21}
 \end{aligned}$$

ATIVIDADES

01. (CESGRANRIO) A força da atração gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os dois corpos. Assim, quando a distância entre um cometa e o Sol diminui da metade, a força de atração exercida pelo Sol sobre o cometa:

- a) diminui da metade.
- b) é multiplicada por 2.
- c) é dividida por 4.
- d) é multiplicada por 4.
- e) permanece constante.

02. O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000m, determine a aceleração da gravidade no topo do monte. Dados: raio médio da Terra = $6,4 \cdot 10^6$ m, massa da Terra = $6 \cdot 10^{24}$ kg e $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

03. Considere os dados da questão anterior e calcule a velocidade de escape de um corpo no interior da Terra.

04. (UEL-PR) Nem sempre é possível escapar da influência gravitacional de um planeta. No caso da Terra, a velocidade mínima de escape para um corpo de massa m é da ordem de 11,2 km/s. Em relação a essa velocidade, é correto afirmar que ela:

- a) independe da massa do corpo, mas depende da massa da Terra.
- b) independe da massa da Terra, mas depende da massa do corpo.
- c) depende da massa da Terra e da massa do corpo.
- d) independe da massa da Terra e da massa do corpo.
- e) depende da massa do corpo e da massa do Sol.

CONSIDERAÇÕES SOBRE PRODUTO

A construção desse produto se resume em uma tentativa de um olhar contemporâneo para o ensino de Física, buscando-se utilizar do ensino remoto intencional que tem sido amplamente discutido no país e implementado no estado do Paraná como caminho para um ensino híbrido. Nesse viés, a presente proposta de ensino utilizou-se de uma metodologia ativa conhecida como sala de aula invertida e dos pressupostos teóricos da teoria da interdisciplinaridade. Todas as atividades sustentaram-se na teoria de aprendizagem de Gagné.

Espera-se que a proposta de ensino aqui apresentado promova uma maior aproximação entre professor e aluno, e um olhar diferente para a disciplina de Física. Essa proposta devidamente trabalhada, mostra-se como uma possibilidade para despertar o interesse do aluno pelo estudo, bem como, para gerar uma aprendizagem efetiva, dando sentido e significado à teoria que, muitas vezes, carregadas de abstração, impedem o aprendiz de relacioná-la ao seu dia a dia.

A proposta dividida em seis módulos ficou um pouco extensa, no entanto, cada módulo pode ser aplicado individualmente pelo professor, pode ainda ser alterado pelo mesmo de acordo com sua realidade.

Essa proposta foi implementada exatamente como descrita no decorrer do texto e apresentou resultados positivos, tanto com relação à motivação e participação dos alunos nas atividades propostas, quanto nas relações estabelecidas por eles com situações cotidianas, quanto na aprendizagem dos conteúdos conceituais trabalhados.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, A. V.; *et al.* Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, (39). 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4SsrkHKnBnv4fHnYQWSs5vr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BATISTA M. C.; CONEGLIAN, D. R.; ROCHA, D. R. Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranavaí, v. 1, nº 1, p. 107-122, 2018. Disponível em: <http://revistapontes.com.br/category/1-2018/>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. J.; BATISTA, D. C. **Física Geral**. Maringá-Pr.: Unicesumar, 2018. 247 p.
- BERGMANN, J; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- BERNARDES, T. O.; IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F. Metodologia para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 103-117, abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p103>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 25ed. Petrópolis: Vozes, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- CASTRO, I. A.; CASTILHO, W. S. **Sala de aula invertida: Roteiro didático: o uso da videoaula no ensino de sociologia**. – Palmas, TO, 2020.
- CONFORTIN, C. K. C.; IGNÁCIO, P.; COSTA, R. M. Uma aplicação da sala de aula invertida no ensino de física para a Educação Básica. **Revista Educar Mais**, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1231>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DAROS, T. Metodologias ativas: aspectos históricos e desafios atuais. *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

DAMINELI, A.; STEINER, J. **O Fascínio do universo**. São Paulo: Odysseus Editora, 2010.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio). **Revista Brasileira de Ensino Física**. vol.26 n°.3 São Paulo 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FZS39VjZZRrY44gywMqqcR/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias Inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

FOGUETE. **Britânica Escola**, 2021. Disponível em: < <https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384>>. Acesso em 24 de janeiro de 2021.

FREIRE JUNIOR, O.; MATOS FILHO, M.; Valle A. L. Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional. **Física na Escola**, v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/artigos/exposicao_didatica.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

GAGNÉ, R. M. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Tradução de Rute V. Ângelo. Porto Alegre: Globo, 1980.

GOMES, E. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização das metodologias ativas no ensino superior. **Arquivos Do Mudi**, 24(3), 305-314, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55520>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MACHADO, J. L. A. Estrelas além do tempo. **Planeta educação**, São José dos Campos, 28 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.plannetaeducacao.com.br/portal/a/35/estrelas-alem-do-tempo>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

MATTAR, J. **Metodologias ativas: para a educação presencial, blended e a distância**. São Paulo: Artesenato Educacional, 2017.

MENEZES L. P. G.; BATISTA, M. C. Concepções de mestrandos em ensino de física sobre o sistema solar sob a perspectiva das leis de Kepler. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 2, p. 352-373, maio-agosto, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10000>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MICHA, D. N. Fotos da Lua pelo Mundo: um projeto observacional registrado em fotografia sobre como as fases da Lua se comparam quando observadas dos Hemisférios Norte e Sul. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 40, p. e3310, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/mrFbFVf4HTfRh9XdYjSjhmP/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. **Qurrriculum**, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>. Acesso em: 18 jun. 2020.

NASA. World Wind website. Disponível em: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast30jun_1m>. Acesso em: 08 mar. 2021.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Coleção: Explorando o ensino**. V. 11. Brasília: MEC, SEB; MCT, AEB, 2009. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc_download&gid=4233&Itemid=. Acesso em: 18 jun. 2020.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/#gsc.tab=0> . Acesso em: 09 jan. 2021.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. A.; ROMERO, T. R. L. **Física em contextos**. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v.1.

PONCZEK, R. L. Da bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evoluções das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002. P. 18-135.

PORTO, C.M.; PORTO, E M.B.D.S.M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4601 (2008). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/304601.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

ROONEY, A. **A história da astronomia**. Editora: M. Books do Brasil. Ed, 2018.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

SISTEMAS: Geocêntrico e Heliocêntrico. **Geo - Conceição**, 2012. Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetes-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em: 20/10/2020.

SISTEMA todamateria SOLAR. **Jovem explorador**, 2012. Disponível em: <http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog_sistema-solar>. Acesso em 20 de outubro de 2020.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018, p. 26-44. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

VERDET, J. P. **Uma História da Astronomia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 1991.

WINTER, O. C.; MELO, C. F. O Sputnik. *In*: WINTER, O. C.; PRADO, A. F. B. A. **A Conquista do Espaço**: do Sputnik à Missão Centenário. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., **Física II**, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.