

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALEXANDRE FERREIRA DE CASTRO E SILVA

ORBITAS ELIPTICAS E SUA REAL FORMA

ALEXANDRE FERREIRA DE CASTRO E SILVA

ORBITAS ELIPTICAS E SUA REAL FORMA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Londrina no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Americo Tsuneo Fuji

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S586o Silva, Alexandre Ferreira de Castro e .
Orbitas Elipticas e Sua Real Forma / Alexandre Ferreira de Castro e Silva. - Londrina, 2022.
91 f.

Orientador: Americo Tsuneo Fuji.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2022.
Inclui bibliografia.

1. astronomia - Tese. 2. ensino de astronomia - Tese. 3. recursos didáticos - Tese. 4. orbita eliptica - Tese. I. Fuji, Americo Tsuneo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDU 53

ALEXANDRE FERREIRA DE CASTRO E SILVA

ORBITAS ELIPTICAS E SUA REAL FORMA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Londrina no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Americo Tsuneo Fuji
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Gustavo Iachel
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Edilson Luis de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 17 de maio de 2022.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu orientador durante este trabalho, professor Dr. Americo Tsuneo Fuji por fornecer orientação e *feedback* ao longo deste projeto, ao professor Dr. Gustavo Iachel por seu conhecimento sobre o assunto que contribuiu com esta pesquisa.

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina e ao departamento de Física por manter o programa de mestrado e formar profissionais capacitados.

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

Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser conhecida.

(Carl Sagan)

RESUMO

SILVA, A. F. C. **Orbitas elípticas e sua real forma**. 2022. 91 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2022.

A Astronomia é uma das mais antigas ciências, e atrai a atenção de pessoas de todas as idades e gerações. Ela está inserida nos documentos oficiais que norteiam o ensino nas escolas de todo o território nacional. Entretanto existe uma dificuldade no que diz respeito à formação inicial do professor e quanto ao material didático, que muitas vezes apresenta o conteúdo de forma incorreta e com erros conceituais, contribuindo para a formação de concepções equivocadas. Com isso o foco do presente trabalho está na representação das orbitas dos planetas do Sistema Solar em que comumente é apresentada figuras de órbitas com elipses muito achatadas (excêntricas). Para tal o presente trabalho desenvolveu-se junto a duas turmas de primeiro ano do ensino médio numa escola da rede pública de educação. Com o propósito de comparar o aprendizado entre ambas as turmas, na primeira utilizou-se de duas atividades, sendo a construção de orbitas com barbante e o uso de um simulador de órbitas, enquanto na segunda foi realizada apenas a apresentação e explicação do tema utilizando o livro didático. Ao final pode-se concluir que, com a introdução de recursos didático, houve uma aprendizagem significativa, mudando a percepção dos alunos sobre o real formato das órbitas dos planetas e a compreensão das Leis de Kepler.

Palavras-chaves: astronomia; ensino de astronomia; recursos didáticos.

ABSTRACT

SILVA, A. F. C. **Elliptical orbits and their real shape**. 2022. 91 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2022.

Astronomy is one of the oldest sciences, and it attracts the attention of people of all ages and generations. It is included in the official documents that guide teaching in schools across the country. However, there is a difficulty with regard to the initial training of the teacher and the teaching material, which often presents the content incorrectly and with conceptual errors, contributing to the formation of misconceptions. Thus, the focus of the present work is on the representation of the orbits of the planets of the Solar System in which figures of orbits with very flattened (eccentric) ellipses are commonly presented. For this, the present work was developed with two classes of the first year of high school in a school of the public education network. In order to compare the learning between both groups, in the first one, two activities were used, being the construction of orbits with string and the use of an orbit simulator, while in the second, only the presentation and explanation of the theme was carried out using the textbook. In the end, it can be concluded that, with the introduction of didactic resources, there was a significant learning, changing the students' perception about the real format of the planets' orbits and the understanding of Kepler's Laws.

Keywords: astronomy; astronomy education; didactic resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Movimento aparente dos planetas segundo Ptolomeu	14
Figura 2 - Representação da 1ª Lei de Kepler	27
Figura 3 - Elipse e seus elementos	27
Figura 4 - Elipses com valores de excentricidade	28
Figura 5 - Exemplo elipse para representar as Leis de Kepler.....	29
Figura 6 - Orbitas planetárias encontradas em livros de graduação	30
Figura 7 - Baricentro Sol-Jupiter.....	31
Figura 8 - Questão aplicada para aquisição de dados	50
Figura 9 - Elipse	52
Figura 10 - Dados das órbitas dos planetas	53
Figura 11 - Desenhando elipse.....	53
Figura 12 - Simulador de Órbita	55
Figura 13 - Demonstrador de excentricidade com $e=0,5$	55
Figura 14 - Demonstrador de excentricidade com $e=0$	56
Figura 15 - Questão1 aplicada no pré-teste	57
Figura 16 - Questões 2 e 3 aplicadas no pré-teste.....	58
Figura 17 - Questão 4 aplicada no pré-teste	58
Figura 18 - Questão 5 aplicada no pré-teste	59
Figura 19 - Questão 6 aplicada no pré-teste	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Cursos pesquisados por Bretones	18
Quadro 2	- Professores entrevistados e sua formação	19
Quadro 3	- Conteúdos de Astronomia para o 6ºano pela BNCC	37
Quadro 4	- Conteúdos de Astronomia para o 8ºano pela BNCC	37
Quadro 5	- Conteúdos de Astronomia para o 9ºano pela BNCC	37
Quadro 6	- Conteúdos estruturantes para o 6ºano e classificação de expectativas	38
Quadro 7	- Conteúdos estruturantes para o 7ºano e classificação de expectativas	39
Tabela 8	- Conteúdos estruturantes para o 8ºano e classificação de expectativas	39
Quadro 9	- Conteúdos estruturantes para o 9ºano e classificação de expectativas	40
Quadro 10	- Cronograma de realização das atividades	51
Quadro 11	- Respostas dos alunos no pré-teste	60
Quadro 12	- Respostas dos alunos no pós-teste	60
Quadro 13	- Proporção de acertos dos alunos no pós-teste	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	ENSINO DE ASTRONOMIA	17
3	ASTRONOMIA E OS ERROS CONCEITUAIS	23
3.1	A ORBITA DOS PLANETAS E SUAS REPRESENTAÇÕES	26
3.2	MAS POR QUE AS ÓRBITAS PLANETÁRIAS SÃO APENAS ELIPSES E NÃO CÍRCULOS PERFEITOS?	32
4	ASTRONOMIA NO CURRÍCULO ESCOLAR	35
5	RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA	41
5.1	RECURSOS DIDÁTICOS DIGITAIS	44
6	METODOLOGIA	46
6.1	ENSINANDO ORBITAS E EXCENTRICIDADE.....	48
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICES	69
	APÊNDICE A – <i>Orbita: Qual a sua real forma</i>	70
	APÊNDICE B – Pré-teste.....	83
	APÊNDICE C – Pós teste	85
	APÊNDICE D – Guia do Estudante	87

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho nasceu a partir do interesse que tenho desde jovem, pela Astronomia. A contemplação dos astros é algo que existe desde os primórdios da humanidade. Mesmo sem os recursos tecnológicos que dispomos atualmente, os povos antigos já possuíam um grande conhecimento sobre os fenômenos celestes. O estudo dos astros foi uma das atividades que abriu as portas do mundo da ciência para os seres humanos.

Sempre ao olhar para o céu, seja diurno ou noturno, vem aos meus pensamentos questões como: qual o tamanho do universo; por que existem dias em que podemos ver a lua em períodos diurnos? qual a distância até as estrelas? qual o tamanho dos astros? há vida em outros lugares do espaço? entre outras.

A Astronomia, é a mais antiga das ciências e tem influenciado a nossa história e cultura por meio de suas aplicações práticas, e implicações filosóficas e religiosas. Apesar de se pensar que ela surgiu apenas da pura contemplação e fascinação dos astros, nasceu também da necessidade das práticas humanas quando da época de seu surgimento.

O homem primitivo acreditava que os céus detinham poder sobre a existência terrena, fato que originou a astrologia pseudocientífica como uma tentativa de compreender, prever e influenciar eventos que aconteciam no seu cotidiano. Assim os primeiros habitantes do mundo foram compelidos a adequar suas vidas às alternâncias diárias e anuais de luz e escuridão, de calor e frio, tanto quanto às mudanças irregulares de tempo etc. Eles logo passaram a considerar a influência do Sol, em conexão com a luz e o calor, como uma causa. Isso levou a uma busca por outros sinais nos céus.

Assim o aparecimento de um cometa, muitas vezes concomitante a morte de um grande governante, ou um eclipse na mesma época em que ocorreu alguma peste, fez com que esses acontecimentos celestes fossem relacionados aos terrestres e interpretados como sinais divinos, juntamente com o desejo reconfortante de que as divindades celestes favorecessem a regularidade usual de tais movimentos. A regularidade dos fenômenos astronômicos, certamente favoreceram duas correntes de pensamento: por um lado, a tentativa racional de compreender a existência de leis naturais e imutáveis; por outro lado, a tentativa mística de colocar nos céus os seres

sobrenaturais e onipotentes que presidiam essas leis.

Esses exemplos de relação de causa e de efeito que agora nos parecem absurdos, eram as "hipóteses de trabalho" dos primeiros astrônomos que, movidos por mais do que mera curiosidade, tentaram formular respostas antes mesmo de serem capazes de expressar corretamente as perguntas e, assim, estavam lançando as bases da observação e da dedução.

Essa incansável curiosidade pelos astros, de se tentar reconhecer e predizer padrões nos céus, fez com que o desenvolvimento destes saberes tenha os tornando cada vez mais úteis e presentes. Uma das mais óbvias evoluções no conhecimento astronômico diz respeito à marcação do tempo, da noção de dias, estações, ciclos lunares, etc. Essa sede por conhecer e explorar o universo continua presente até os dias atuais.

As primeiras civilizações reconheceram padrões de movimento que o Sol e as estrelas faziam no céu, o que levou a perceber que os ciclos que viam no céu frequentemente coincidiam com as mudanças das estações do ano. Deduzir esses diferentes ciclos no firmamento tornou-se extremamente útil ao notar que os mesmos se relacionavam com acontecimentos do seu cotidiano, como o período em que plantas floresciam ou quais noites eram propícias para pescar, sendo esse conhecimento disseminado e passado entre civilizações, ao longo de gerações.

Desta forma surgiram as primeiras sociedades agrícolas e os povos que tinham comportamento nômade passaram a instalar seus assentamentos permanentemente. Para que um grupo de pessoas mantivesse uma cultura agrícola bem-sucedida, eles precisavam encontrar maneiras precisas de prever quando ocorre a primavera (para saber quando plantar) e quando a primeira geada poderia ser esperada (para saber quando colher). Logo as primeiras noções de aritmética ajudaram a "numerar" esses eventos recorrentes e certamente nasceram para atender às necessidades práticas.

Os primeiros registros escritos foram observações astronômicas produzidas pelos babilônios (~1600 A.C.) que registraram as posições dos planetas, tempos de eclipses, etc.

Antigos astrônomos de todo o mundo fizeram muitas observações e previsões iniciais. Os registros históricos incluem muitos mapas estelares, que revelam esforços claros para mapear o céu noturno e aprender mais sobre a mecânica de nosso universo. Ao olhar o céu noturno, observavam além dos padrões repetitivos elencados

anteriormente também outro tipo de padrão que viam no céu, diferentes nações, culturas e pessoas deram nomes diferentes para os diferentes padrões de estrelas e como eles os interpretavam. Esses padrões são chamados de constelações. A União Astronômica Internacional (IAU) considera que constelação é a divisão da esfera celeste, geometricamente, em 88 regiões ou partes.

Alguns exemplos das primeiras descobertas incluem a diferenciação entre planetas e estrelas, momento em que astrônomos babilônios no primeiro e segundo milênios A.C. rastrearam cinco pontos de luz no céu noturno que se moviam de maneira diferente das outras estrelas. Eles concluíram que algo fundamentalmente diferente existia: esses cinco pontos de luz não eram estrelas. Historiadores e astrônomos agora acreditam que os babilônios foram os primeiros a reconhecer os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, que se tornam visíveis a olho nu em diferentes épocas do ano.

Foram os babilônios também os primeiros a reconhecer que os fenômenos astronômicos são periódicos e eles foram capazes de aplicar a matemática para prever os movimentos aparentes da lua, das estrelas, dos planetas e do sol no céu, podendo até mesmo prever eclipses.

Já no século 6 A.C., os antigos filósofos gregos documentaram evidências de que a Terra era uma esfera. Eles notaram que o céu noturno parecia diferente quando visto de vários locais da Terra, sugerindo uma superfície curva do nosso planeta. Eles também observaram a sombra redonda da Terra na Lua durante os eclipses lunares. Esses filósofos foram até mesmo capazes de calcular a circunferência da Terra com bastante precisão. Por volta de 240 aC Eratóstenes calculou o tamanho da Terra com boa precisão, medindo o comprimento da sombra projetada por um objeto exatamente ao mesmo tempo, em dois locais diferentes. Levando em consideração a distância entre esses dois locais e a diferença nos comprimentos das sombras, ele calculou que a circunferência da Terra era de cerca de 46.250 quilômetros. Isso é muito próximo do valor real de 40.075 quilômetros.

Também perceberam que podiam descobrir os tamanhos relativos da Terra e da Lua cronometrando quanto tempo a Lua permaneceu na sombra da Terra durante um eclipse lunar. No ano 185, os astrônomos chineses foram os primeiros a documentar uma supernova. Várias explosões de supernova foram observadas desde então, incluindo uma particularmente brilhante durante o ano 1054, que (em seu pico)

era quatro vezes mais brilhante que o planeta Vênus, um dos objetos mais brilhantes no céu noturno. Algumas supernovas são brilhantes o suficiente para serem visíveis durante o dia!

A noção de que nossa própria galáxia - a Via Láctea - é apenas uma entre trilhões de outras galáxias no universo data de apenas um século. Antes disso, as galáxias próximas eram consideradas regiões nubladas da Via Láctea. A primeira observação documentada da vizinha Galáxia de Andrômeda foi no ano de 964 por um astrônomo persa que a descreveu como uma "mancha nebulosa". Durante séculos, foi simplesmente conhecido nos mapas estelares como a "Pequena Nuvem".

Durante toda essa evolução científica um dos temas que sempre esteve à frente dos principais debates era sobre o real formato do nosso universo e a forma do nosso planeta, houve um tempo em que os cientistas pensavam que a Terra estava no centro do universo, que a Terra era plana (este ainda permanece entre os adeptos do terraplanismo). O universo é grande tanto no espaço quanto no tempo e, durante grande parte da história, esteve além do alcance de nossos instrumentos e nossas mentes.

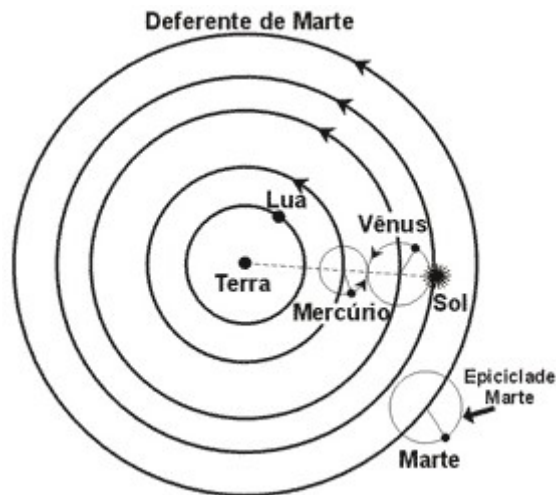
Na Antiguidade e na Idade Média, o geocentrismo era a visão cosmológica mais comum, embora alguns astrônomos e escolas filosóficas adotassem visões alternativas sobre a ordem do mundo. Essa teoria, chamada geocentrismo, foi popularizada pelo astrônomo grego Claudius Ptolomeu no século II.

No primeiro livro do *Almagesto*, Ptolomeu descreve seu sistema geocêntrico e dá vários argumentos para provar que, em sua posição no centro do universo, a Terra deve ser imóvel. Para explicar o complicado movimento observado dos planetas, ele usou epiciclos. Isso significava que os planetas se moviam em círculos perfeitos ao redor da Terra e dentro dessas órbitas realizavam outro movimento circular, mas com um raio bem menor que o primeiro, como pode ser visto na figura 01.

Não menos importante, ele mostrou que se a Terra se movesse, como alguns filósofos anteriores sugeriram, então certos fenômenos deveriam ser observados. Em particular, Ptolomeu argumentou que, uma vez que todos os corpos caem para o centro do universo, a Terra deve ser fixada lá no centro, caso contrário, os objetos em queda não seriam vistos caindo em direção ao centro da Terra. Novamente, se a Terra girar uma vez a cada 24 horas, um corpo jogado verticalmente para cima não deve cair de volta para o mesmo lugar, como foi visto. Ptolomeu foi capaz de demonstrar,

no entanto, que nenhuma observação contrária jamais foi obtida.

Figura 1 - Movimento aparente dos planetas segundo Ptolomeu



Fonte: Ferreira, Silveira e Silva (2013, p. 7).

A cosmovisão geocêntrica tornou-se enraizada na teologia cristã, tornando-se uma doutrina da religião tanto quanto da filosofia natural. Apesar disso, foi um padre que trouxe de volta a ideia de que é a Terra que gira em torno do sol.

Foi preciso tanto coragem quanto imaginação, observações meticulosas e análises racionais para Copérnico, Kepler e Galileu desafiarem o geocentrismo. Suas percepções, recebidas inicialmente pela incredulidade e hostilidade, ajudaram-nos a escapar de nosso egocentrismo primitivo levando ao surgimento do heliocentrismo.

A primeira menção a essa ideia data de 200 AC, a um homem conhecido como Aristarco de Samos, no entanto, a teoria não foi bem aceita até que em 1515, um sacerdote polonês chamado Nicolaus Copernicus produziu um pequeno tratado intitulado *Commentariolus* ("Pequeno Comentário"), que ele distribuiu para colegas astrônomos e acadêmicos, ensaio em que ele delineou sua teoria heliocêntrica, que se baseava em sete princípios - incluindo a noção incorreta de que "todas as esferas giram em torno do Sol, que está próximo ao centro do universo", entretanto o movimento da Terra em torno do Sol abriu um novo campo de investigação para a Astronomia.

Embora algumas das ideias de Copérnico fossem posteriormente refutadas, ele resolveu os problemas matemáticos e inconsistências decorrentes do modelo geocêntrico clássico e lançou as bases para a Astronomia moderna.

Acima de tudo, no cosmos copernicano existe uma relação simples e harmônica entre a ordem dos planetas e seus períodos de revolução: quanto mais longe um planeta está do Sol, mais devagar ele percorre sua órbita no céu e foi exatamente essa "harmonia cósmica" que ele conseguiu expressar na "terceira lei dos movimentos planetários". Apesar disso, a discussão entre os dois sistemas, o geocêntrico-geostático e o heliocêntrico, permaneceu por muito tempo aberta e não apenas por motivos ideológicos ou religiosos, mais precisamente porque era impossível demonstrar a superioridade de um sistema sobre o outro.

Quase cem anos depois, Kepler, Galileu e Isaac Newton popularizaram ainda mais o modelo heliocêntrico. Newton e Kepler produziram uma base matemática para explicar os movimentos dos planetas ao redor do Sol com incrível precisão.

Em 1600, Kepler tornou-se assistente de Tycho Brahe um astrônomo dinamarquês que fez uma série de medições muito precisas do movimento dos planetas e estrelas no céu. Depois que Brahe morreu em 1601, esses dados, principalmente os relativos ao movimento do planeta Marte, permaneceram nas mãos de Kepler, que continuou o trabalho, calculando os caminhos planetários com uma precisão sem precedentes.

Ao analisar as observações de Brahe, Kepler percebeu que as órbitas dos planetas em torno do Sol não eram perfeitamente circulares, como se acreditava. Kepler mostrou que um planeta se move ao redor do Sol em uma trajetória elíptica que tem o Sol em um de seus dois focos. Ele também mostrou que uma linha que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais enquanto o planeta descreve seu caminho. Ambas as leis foram formuladas pela primeira vez para o planeta Marte, mas que causou uma grande mudança para a Astronomia.

A ideia de elipses de Kepler eliminou todas as complicações da cosmologia geocêntrica e, em particular, o sistema de Ptolomeu e seus cálculos complexos. Mais importante, este sistema simples foi capaz de prever com precisão a posição dos planetas. A descrição ainda não era perfeita, mas foi um grande passo na direção certa.

O movimento elíptico fornece um bom exemplo do progresso da ciência quando dados mais precisos são coletados. Se os dados analisados por Kepler dos movimentos dos planetas tivessem uma incerteza de 10%, as órbitas da maioria dos planetas seriam adequadas para o movimento circular.

Apesar dos enunciados de Kepler predizerem corretamente o comportamento dos corpos celestes no sistema solar, de acordo com os dados experimentais, elas não explicavam suas causas, sendo explicada posteriormente por Newton a partir da formulação da teoria da gravitação universal. Newton mostrou que o movimento de corpos sujeitos à força gravitacional central nem sempre precisa seguir as órbitas elípticas especificadas pela primeira lei de Kepler, mas pode seguir caminhos definidos por outras curvas cônicas abertas; o movimento pode ser em órbitas parabólicas ou hiperbólicas, dependendo da energia total do corpo.

Ao enunciar sua primeira lei, Kepler, diz respeito a uma característica geométrica que distingue as elipses, a sua excentricidade, que, em suma, mede o quão “achatado” pode ser um círculo. A presente pesquisa abordou esta importante característica sobre as elipses, que é fundamental para compreensão da forma das orbitas planetárias.

2 ENSINO DE ASTRONOMIA

Entender como a história da Astronomia cobre completamente toda a história do homem e seu pensamento, e como isso pode ser um fator motivador para o ensino de Astronomia, deveria tornar esse um conhecimento mais explorado em salas de aula.

Apesar de o ensino de Astronomia estar nas diretrizes curriculares, deveria fazer parte da prática didática e estar mais presente no cotidiano escolar, visto ser parte integrante da estrutura curricular, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. Todavia não é isto o que acontece. A partir da análise de estudos publicados por vários pesquisadores (BRETONES, 2012; IACHEL, 2009; LANGHI; NARDI, 2005a; LEITE; HOSOUME, 2007), sobre ensino de Astronomia, é possível constatar que existe certo receio por parte dos educadores ao tratar do referido tema em suas aulas, por não possuírem conhecimento ou formação com bases sólidas, e que muitos professores que tentam ensinar o conteúdo de Astronomia acabam cometendo alguns erros de conceito, o que por vez acaba confundindo ainda mais os alunos.

Os temas de Astronomia que deveriam estar presentes nas escolas, englobam os fenômenos relacionados ao cotidiano observável e alguns outros que dão conta do tipo de Universo que habitamos e das leis que o regem: Céu e planeta, luz e estrela, nascer e pôr do Sol, órbitas, planeta e satélites, dia e noite, fases da Lua, eclipses, estações do ano e manchas solares, entre outros. Ela ainda traz aplicações práticas para cronometragem, calendários, mudanças sazonais, e de longo prazo no clima e navegação. Ela lida com as influências externas ambientais sobre a terra: a radiação e partículas do Sol, as influências gravitacionais do Sol e da Lua, e os impactos de asteroides e cometas.

Leite (2002) faz uma observação pertinente em relação ao ensino de Astronomia ministrado em nossas escolas: os professores ensinam estes conteúdos baseando-se apenas em livros-texto, sem nunca os ter estudado e experimentado. É uma questão difícil de ser compreendida, mas muitas vezes o professor não tem como distinguir os erros presentes nos livros didáticos, já que seus conhecimentos científicos sobre o assunto são poucos ou quase inexistentes, ficando restrito apenas aos conhecimentos que se aproximam do senso comum.

Com isso, devemos refletir sobre os problemas do ensino de Astronomia na escola e suas principais causas.

Dificuldades na formação inicial ou a carência de formação continuada do professor podem tornar-se obstáculos ao processo de ensino-aprendizagem, pois a falta de fundamentação teórico-metodológica dificulta uma seleção coerente de conteúdo, e sendo o professor o agente responsável pelo processo ensino-aprendizagem e mediador do trabalho pedagógico, ele deve dominar os conceitos que por ele serão apresentados tanto em atividades teóricas como experimentais.

Em sua dissertação, Bretones (1999, p. 46) nos mostra conforme quadro 1, o panorama dos cursos que possuem disciplinas introdutórias específicas de graduação que contemplem conteúdos de Astronomia. Nos levantamentos realizados em sua pesquisa, temos que dos 628 cursos consultados, 221 responderam ao questionário enviado pelo pesquisador, e desses, apenas 54 deles possuem disciplina.

Quadro 1 - Cursos pesquisados por Bretones

CURSOS	Total	Respostas	Astronomia	Obrigatórias	Optativas
Astronomia	1	1	1	1	0
Ciências	243	85	4	3	1
Eng. Aeronáutica	1	0	-	-	-
Eng. Cartográfica	5	4	4	4	0
Eng. de Agrimensura	9	6	5	5	0
Eng. de Comunicações	1	1	0	-	-
Física	70	39	22	11	11
Geofísica	1	1	1	1	0
Geografia	176	37	13	11	2
Geologia	19	7	0	-	-
Matemática	96	36	0	-	-
Meteorologia	6	4	4	4	-
TOTAIS	628	221	54	40	14

Fonte: Adaptado de Bretones (1999).

A partir dessa análise é possível verificar que existe uma certa carência na formação inicial dos professores acerca deste assunto. Foi observado também que, apesar de algumas instituições possuírem astrônomos em seu quadro docente, este fato não implicou no oferecimento de disciplinas de astronomia.

Ainda conforme Bretones (1999, p. 102), ele afirma:

[...] seria importante aumentar o debate sobre o papel da Astronomia Introdutória na maioria das IES. Particularmente, deve-se levar em conta que muitos dos alunos dessas disciplinas serão professores de Ciências, Física, Geografia e outras disciplinas no ensino fundamental e médio. Outros farão aplicações diretas da Astronomia em suas futuras atividades profissionais ou até serão despertados para possíveis vocações como futuros astrônomos.

A consequência direta desse fato é que os docentes que lecionam tanto em escolas públicas quanto em escolas privadas, não estão aptos a ministrar conceitos e propor uma prática observacional didática de Astronomia para seus alunos.

Esse panorama é verificado em outro estudo realizado por Iachel e Nardi (2011), no qual foi desenvolvido um curso de formação continuada voltado ao Ensino de Astronomia que contou com a participação de treze professores da região de Bauru (São Paulo). O quadro 2 apresenta alguns dados referentes a amostra de professores que responderam ao questionário.

Quadro 2 - Professores entrevistados e sua formação

Professores P[N]	Idade (anos)	Tempo em Serviço (anos)	Carga Horária Semanal (hora/aula)	Formação Inicial
P ₁	39	8	47	Ciências com Hab. em Biologia
P ₂	48	4	20	Matemática
P ₃	35	14	54	Matemática
P ₄	41	16	47	Ciências Biológicas
P ₅	30	8	40	Física
P ₆	39	1	OFA *	Desenho Industrial
P ₇	37	5	27	Geografia
P ₈	47	25	48	Geografia
P ₉	43	17	29	Ciências com Hab. em Matemática
P ₁₀	50	30	42	Engenharia Civil / Física Plena
P ₁₁	40	12	50	Licenciatura em Física
P ₁₂	25	1	10	Matemática
P ₁₃	26	3	23	Matemática

Fonte: Iachel (2011).

O quadro acima nos apresenta a diversidade da amostra de docentes, quanto à sua formação, logo podemos observar a partir dos estudos citados, que a formação inicial do professor sofre uma defasagem com relação ao conteúdo a ser ministrado nas escolas. Segundo Langhi e Nardi (2005a), a presença da Astronomia na formação de professores não deveria simplesmente resumir-se em apenas conteúdos, mas é necessário que se inclua ainda sugestões e orientações didáticas organizadas e definidas em função das diferentes realidades e necessidades dos docentes.

Em um outro estudo realizado por Faria e Voelzek (2008) a fim de verificar como a Astronomia vinha sendo desenvolvida nas escolas das cidades de Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Mauá, ambas no estado de São Paulo, aplicaram um questionário com professores de ambas as cidades. Dos educadores dos três municípios, apenas 66,2% responderam ao questionário. Desses 57,4% não abordam nenhum tópico de Astronomia, 89,4% não utilizaram qualquer tipo de programa computacional, 70,2% não utilizam laboratório, 83,0% nunca levaram os alunos a museus e ou planetários, 38,3% não indicaram qualquer tipo de revista ou livro sobre Astronomia aos seus alunos. Com base nos resultados do questionário, concluíram que, embora a maioria dos professores reconheça que o conteúdo de Astronomia influi positivamente na formação dos alunos, eles não incluem o tema em seus planejamentos escolares.

Iachel, Langhi e Scalvi (2008) constataram através de uma breve revisão literária realizada a fim de fazer um levantamento sobre concepções alternativas sobre o fenômeno de formação das fases da lua, que não só alunos do Ensino Fundamental e Médio apresentam confusão sobre esse conceito, mas também os professores de ambos os níveis de ensino.

No estudo realizado por Puzzo (2004), sobre o conteúdo de Astronomia nas aulas de ciências no Ensino Fundamental, verificou que os professores enfrentam muitos obstáculos quando o assunto é Astronomia em relação ao conteúdo, e que em alguns casos ocorrem erros graves de conteúdo, o que pode deixar o aluno com concepções erradas o que mais tarde pode ser difícil de se mudar essas concepções ou conhecimentos errôneos.

O ensino de ciências realizado nas escolas, geralmente, enfoca os conteúdos de forma acabada, pronta, não dando chances ao aluno de construir os seus próprios conhecimentos.

Fato esse narrado por Caniato (1983) no personagem de Joãozinho da Maré, o qual mostra um garoto de espírito questionador e curioso e que se opõe a conceitos equivocados envolvendo estações do ano, que a professora transmite durante uma aula. No texto são apontadas argumentações simples, baseadas em observações do dia a dia, que desconstróem as concepções alternativas muito comuns referentes às estações do ano, como o fato de o verão acontecer quando a Terra está mais próxima do Sol.

Por sua vez, Leite e Housome (2007, p. 66) acreditam que:

A Astronomia, quando trabalhada no ensino fundamental, é desenvolvida de forma tradicional e apenas conceitual, e as representações dos elementos constituintes são abordadas, geralmente, apenas em forma de texto ou de imagens bidimensionais. Temos consciência de que a metodologia de aula não pode mais ser a indicada tradicionalmente nos livros didáticos, pois ela já se revelou ser insuficiente. Devido à natureza abstrata do tema, ele deve, na medida do possível, ser vivenciado de forma prática e concreta. As propostas de ensino deste tema devem indicar a importância do conhecimento dos conceitos construídos intuitivamente, pois eles são a maneira de pensar das pessoas e devem ser incorporados à estrutura e à metodologia das propostas de ensino.

Assim, a partir das leituras realizadas sobre o ensino de Astronomia, identificou-se uma carência de fontes seguras, distorções sobre o conteúdo presente nos livros didáticos e a falta de uma formação eficaz, despertando a necessidade de explorar um assunto que costumeiramente aparece entre os erros destacados nos materiais didáticos, buscamos aqui explorar o assunto sobre o movimento planetário, mais especificamente a órbita dos planetas.

As sugestões que oferecemos não podem ser aceitas como finalizadas, bem como um material que deve ser seguido à risca, pois ele deve ser ajustado de acordo com as diferentes realidades que temos em salas de aulas, ficando o professor livre para usar cada uma das propostas de acordo com o que melhor se adequa a sua realidade.

Tão logo ele servirá como um complemento que possa auxiliá-lo e ajudá-lo na sua prática docente, fazendo com que a Astronomia não seja deixada de lado, e que por meio dela possa despertar um interesse cada vez maior, e atender efetivamente às necessidades de aprendizagem dos estudantes não só nesse assunto, mas em

todo o conhecimento científico.

O interesse pelos fenômenos do céu, como visto, em muitas épocas esteve intimamente ligado a inúmeras expressões do pensamento humano, presta-se a um uso multidisciplinar mais do que outras disciplinas científicas, favorecendo assim a compreensão dos alunos sobre a complexidade da nossa cultura através das ligações entre as várias disciplinas e vários períodos históricos. Laços que muitas vezes não são fortemente evidenciados na escola, muitas vezes por motivos também devido a requisitos de tempo e horário, arriscando-se a favorecer no aluno um conhecimento das disciplinas individuais parcialmente, senão totalmente, restrito à uma disciplina em questão.

3 ASTRONOMIA E OS ERROS CONCEITUAIS

Algumas pesquisas na área de ensino em Astronomia constataram que vários alunos oriundos do Ensino Fundamental apresentam certos conceitos equivocados e um déficit com relação ao conhecimento básico em Astronomia (IACHEL; LANGHI; SCALVI, 2008; KITZBERGER; BARTELMEBS; ROSA, 2020; LANGHI; NARDI, 2005b). Isto se deve ao fato de que muitas vezes este conteúdo não é abordado em sala de aula.

O ensino de astronomia tornou-se muito fragmentado: as noções básicas sobre o Sistema Solar são ensinadas na disciplina de geografia; as leis que regem os movimentos dos astros e planetas estão inseridas no currículo de Física; o tema sobre corrida espacial está na disciplina de História. Este fato torna a astronomia um conteúdo de alta potencialidade interdisciplinar, mas, como os professores apresentam necessidades formativas em relação ao ensino dessa ciência, vemos a desconexão e a fragmentação do conhecimento astronômico ao longo do currículo escolar, o que prejudica uma compreensão mais geral sobre este conhecimento por parte dos estudantes.

A Astronomia tem um papel importante no Ensino Fundamental, pois é uma das ciências de referência para os conhecimentos sobre a dinâmica dos corpos celestes. Em uma abordagem histórica, traz as discussões sobre os modelos geocêntrico e heliocêntrico, sobre os métodos e instrumentos científicos e sobre conceitos e modelos explicativos que envolveram tais discussões.

O que se nota, é que o assunto muitas vezes é deixado de lado pelos professores, por apresentarem pouco ou nenhum conhecimento sobre o referido tema, fazendo com que esta seja tratada de forma superficial, ou mesmo não abordada, deixando os alunos ainda com dúvidas ou até mesmo contribuindo para a formação de concepções equivocadas. De acordo com Puzzo (2004), durante a formação inicial dos professores que atuam no ensino fundamental, os conteúdos de Astronomia são praticamente inexistentes.

Uma breve análise dos Parâmetros Curriculares Nacional (PCN) sobre os conteúdos para o ensino da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental leva a crer na existência de brechas na formação de professores deste nível de ensino (LANGHI; NARDI, 2007).

Assim como ocorre na formação de professores que atuam no Ensino Fundamental, os professores formados em Física, que atuam no Ensino Médio, também apresentam deficiências quando o assunto é Astronomia. Mesmo com o ensino de Astronomia inserido no PCN, grande parte das universidades não tem a Astronomia como disciplina curricular obrigatória, e, em alguns casos, esta é ofertada apenas como optativa, como visto anteriormente.

As Diretrizes Curriculares para os Cursos de Física, documento que norteia a elaboração de cursos de Licenciatura em Física, não mencionam sobre a obrigatoriedade de se oferecer disciplinas de conteúdo exclusivo de Astronomia. As Diretrizes orientam para que os cursos de Licenciatura tenham um núcleo de disciplinas comuns, que são as Físicas básicas, moderna e contemporânea, além das de conteúdo matemático. Além dessas, ainda temos o núcleo de disciplinas pedagógicas e específicas para a formação desse docente. Nas Diretrizes, o ensino de Astronomia não é mencionado, o que contradiz os PCN, que orientam o ensino dessa ciência na educação básica.

No caso do ensino público, o livro didático é um material adotado pelo professor para ser usado na escola em qual leciona, através da avaliação e da seleção que o mesmo, faz dentre alguns títulos disponibilizados pelo PNLD (Programa Nacional do Livro Didático). O PNLD é um, programa criado pelo Governo Federal, e tem por objetivo avaliar e prover livros didáticos às escolas públicas de ensino fundamental e médio, e através desta avaliação procurando assegurar a qualidade das obras distribuídas.

Através do PNLD, as escolas públicas do Brasil podem escolher uma coleção, para cada disciplina, que melhor se adapta à sua realidade (regional, social, etc.) e que será adotada por três anos.

Infelizmente sabemos que, por vezes, o conteúdo dos livros didáticos é apresentado de forma incompleta e, em algumas ocasiões, de forma completamente errada.

Em uma análise realizada por Trevisan, Lattari e Canalle (1997), sobre os conteúdos de Astronomia em livros de ciências do primeiro grau¹, foram encontrados textos que apresentam conteúdo incorreto. Como exemplo, os autores detectaram em

¹ Primeiro Grau, modalidade de ensino hoje conhecida como Ensino Fundamental.

uma passagem na qual o autor do livro descreve as estações do ano como sendo decorrente apenas do movimento de translação do planeta Terra, sem mencionar um dos fatores mais importantes que é a inclinação do eixo de rotação terrestre aliado ao movimento de translação. Continuando em sua análise, a autora descreve figuras presentes nesses livros, que apresentam dimensões dos astros fora de escala o que induz uma ideia equivocada de suas dimensões, órbitas exageradamente elípticas levando ao aluno o conceito das estações do ano derivarem dessa diferença de aproximação entre o sistema Terra-Sol, entre outros.

Apesar das muitas pesquisas que citam, descrevem e analisam os erros conceituais presentes nos livros didáticos, principalmente, sobre o tema Astronomia, o panorama acerca deste conteúdo não teve mudanças significativas, como mostra o trabalho de Amaral e Oliveira (2011). Os autores analisaram os conteúdos de Astronomia presentes nos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático de 2008. A pesquisa caracteriza vários aspectos como a frequência do conteúdo, adequação e abrangência, pesquisa, experimentação e prática, ilustrações, diagramas e figuras e erros conceituais, apontam que em algumas edições ainda persistem erros conceituais, ou com afirmações incompletas que sugerem e permitem interpretações alternativas.

Eles ainda listam alguns erros considerados “novos”, encontrados nos textos, que introduzem ou reforçam equívocos na área de Astronomia, dentre alguns deles, destacamos: “Todos os corpos do Sistema Solar descrevem uma órbita em torno do Sol. Como isto acontece? Eles se mantêm reunidos porque gravitam em torno do Sol, ou seja, esse astro maior os atrai e os faz seguir, juntos, o seu trajeto dentro da Via Láctea.” (AMARAL; OLIVEIRA, 2011 p. 46). Esta frase pode levar o aluno pensar que de fato os planetas giram alinhados.

“Asteroides são pedaços de rochas que viajam no espaço.” (AMARAL; OLIVEIRA, 2011 p. 47). Os asteroides podem ser rochosos, ferrosos ou rochoso-ferrosos, isso passa a ideia de existir apenas um tipo de asteroide.

“Imagine que os planetas são azeitonas sobre uma pizza: o disco da pizza seria o plano da trajetória dos planetas e o Sol seria o centro do disco.” (AMARAL; OLIVEIRA, 2011, p. 47). Este modelo é completamente inadequado para a utilização em Astronomia, pois a órbita dos planetas não estão no mesmo plano de órbita da Terra, onde cada um apresenta uma inclinação distinta.

“A duração do ano em Mercúrio é menor do que a duração do seu dia.” (AMARAL; OLIVEIRA, 2011, p. 49). Os autores trocaram Mercúrio por Vênus.

Langhi e Nardi (2007), mostra os erros conceituais mais comuns em Astronomia encontrados nos livros didáticos sendo: Estações do ano, no qual muitos explicam as estações como sendo consequência do afastamento e da aproximação da Terra em relação ao Sol no decorrer do ano; A Lua e suas fases, são explicadas como consequência de eclipses ocasionados pela sombra da Terra na superfície lunar, e de que a Lua possui apenas quatro fases, permanecendo em cada uma durante seus sete dias; Movimentos e inclinação da Terra; Constelações entre outros.

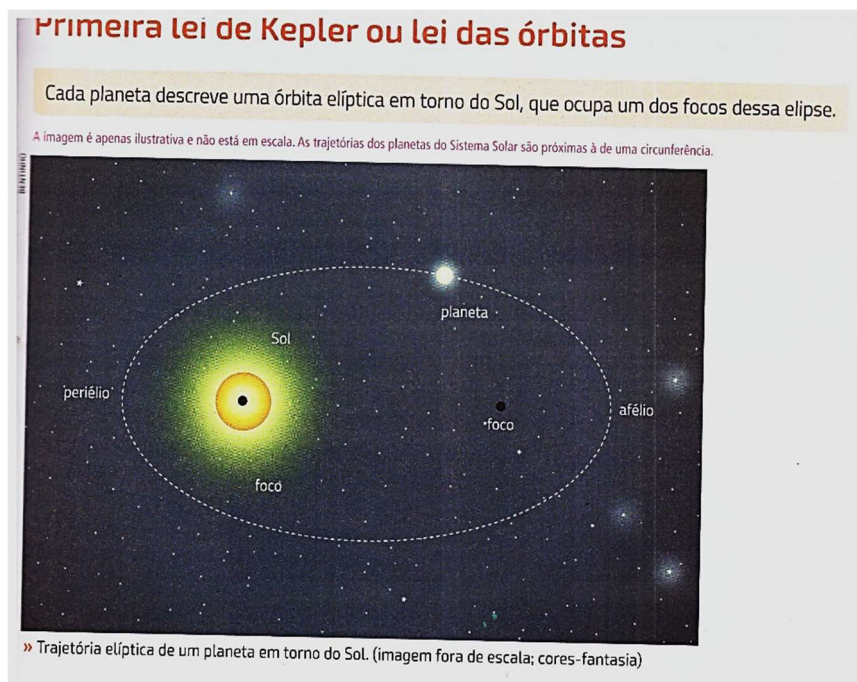
Ainda se tratando sobre o livro didático e abordando especificamente as Leis de Kepler, Oliveira (2015) realiza um estudo qualitativo sobre as Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) no ano de 2014 afim de verificar como é abordado esse tema e ao final conclui que os mesmos não possibilitam a compreensão das Leis de Kepler de forma satisfatória, por não conterem a definição de conceitos importantes como o de elipse.

3.1 A ORBITA DOS PLANETAS E SUAS REPRESENTAÇÕES

Um problema recorrente e objeto de estudo deste trabalho está na representação do Sistema Solar em uma figura na qual é comum encontrar as órbitas dos planetas como elipses muito achatadas (excêntricas), e com o Sol muito deslocado da sua real posição. Na verdade, as órbitas de quase todos os planetas são praticamente circulares se observadas a uma certa distância do Sistema Solar fato que nem sempre é mencionado nos livros didáticos.

Mesmo após anos da análise por Trevisan, Lattari e Canalle (1997) e a de Amaral e Oliveira (2011), atualmente ainda pode ser visto que certas inconsistências persistem, como no caso da figura 2 extraída do livro didático distribuído pelo PNLD para uso em 2022, e que apesar de trazer na legenda que a imagem está fora de escala, não apresenta ou cita qual seria a escala correta, não traz informações sobre excentricidades.

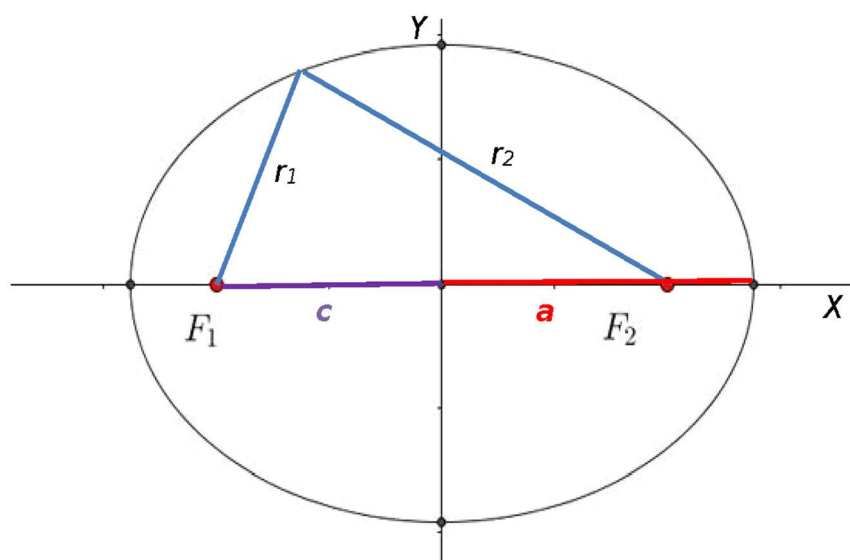
Figura 2 - Representação da 1ª Lei de Kepler



Fonte: Godoy, Agnolo e Melo (2020, p. 61).

Uma elipse (figura 3), é definida em termos geométrico como o conjunto de todos os pontos em um plano XY, cuja distância a soma das distâncias de dois pontos fixos (conhecidos como focos) até sua borda é um valor constante. Se r_1 e r_2 são as distâncias dos focos a qualquer ponto da elipse, então $r_1 + r_2 = 2a$.

Figura 3 - Elipse e seus elementos



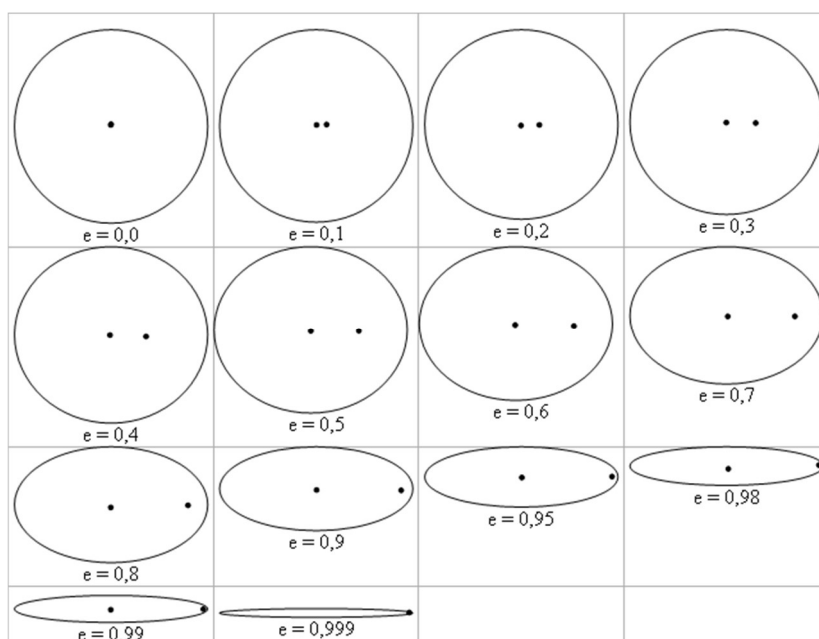
Fonte: Próprio autor.

O quão “elíptica” uma órbita é, pode ser descrito pela excentricidade (e), que mede o grau de deformação, em relação a um círculo. A excentricidade é igual à distância entre um foco e o centro (c) da elipse dividido pelo semieixo maior (a). Ou seja, $e = c / a$.

Podemos observar na figura 4, imagens de elipses com variação dos valores de sua excentricidade.

Todos os planetas do sistema solar apresentam órbitas de excentricidade bastante baixa. A órbita mais excêntrica é a de Mercúrio (0,21); o restante tem excentricidades menores que 0,1.

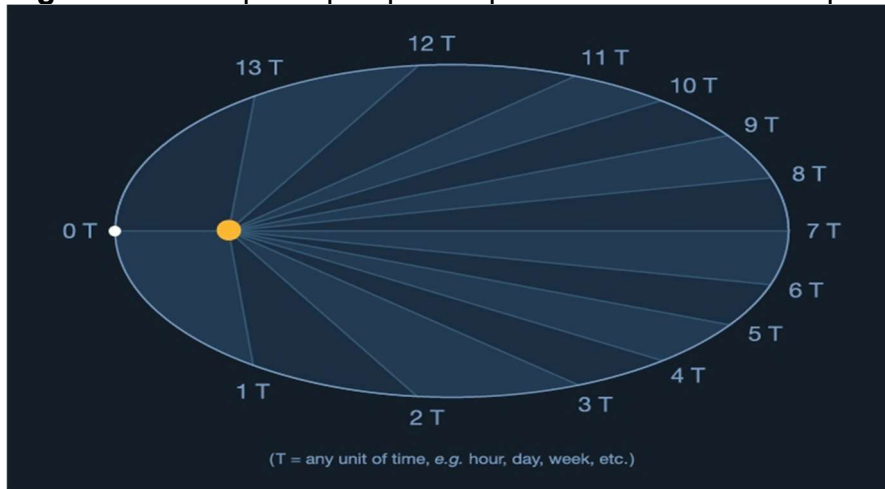
Figura 4 - Elipses com valores de excentricidade



Fonte: Canalle (2003, p. 14)

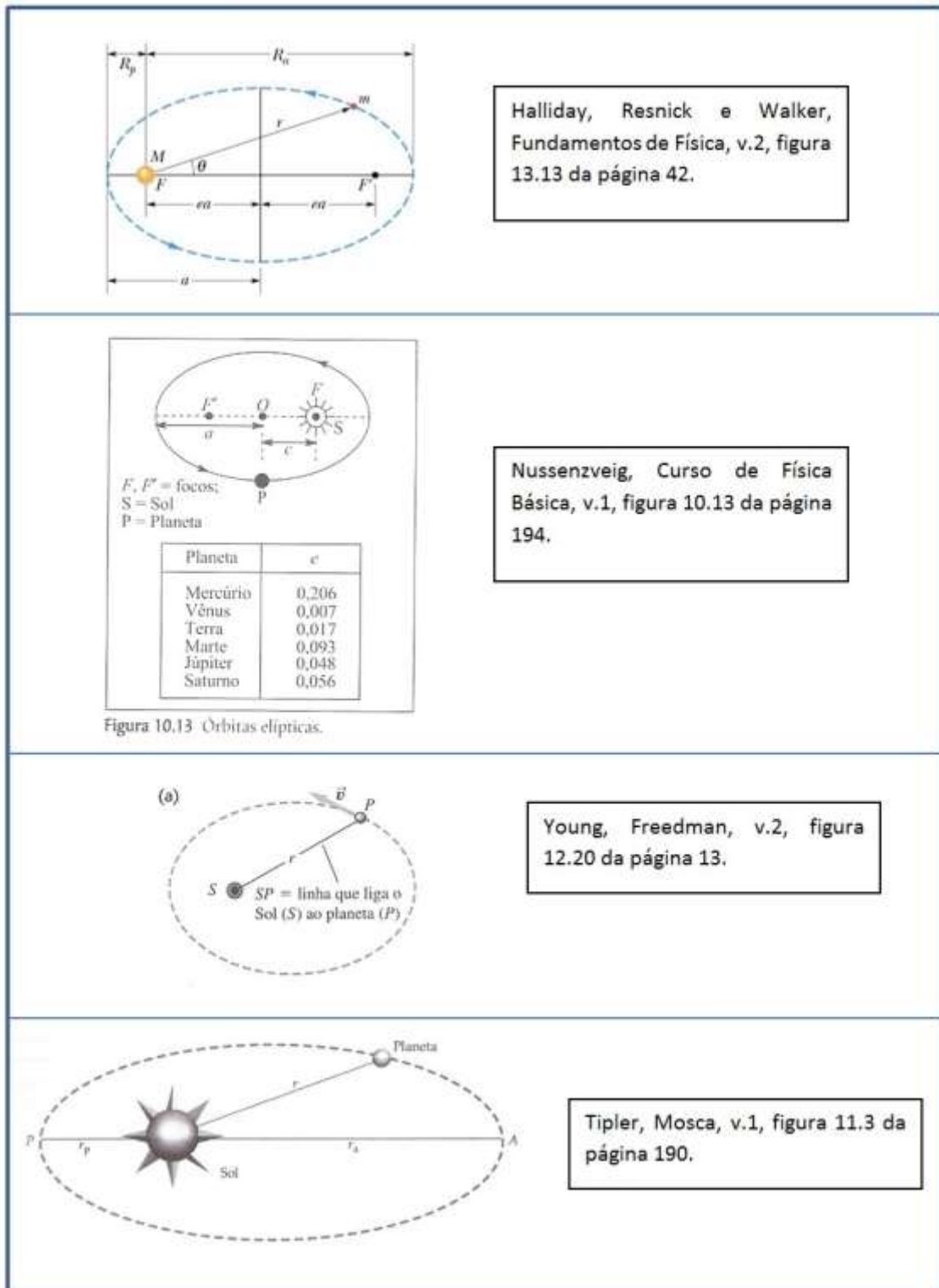
Podemos observar esses tipos de imagens ou informações que levam a concepções errôneas até mesmo em sites conceituados e que não deveriam propagar tais informações como pode ser visto na figura 5 extraído do site da NASA e até mesmo em livros utilizados em cursos de graduação de Física como mostrado no quadro da figura 6.

Figura 5 - Exemplo elipse para representar as Leis de Kepler



Fonte: NASA ([2022]).

Figura 6 - Orbitas planetárias encontradas em livros de graduação



Fonte: Sanzovo e Queiroz (2012).

Outro fato é associar as estações com a maior proximidade ou distanciamento do sol com o nosso planeta. Na verdade, a órbita elíptica da Terra não contribui em

nada com as estações. O motivo das estações tem a ver com a inclinação do eixo de rotação da Terra.

Como exemplo, a Terra atingiu o periélio em 2 de janeiro de 2021. A distância Terra-Sol foi de 147.093.602 km. O afélio, maior distância do Sol, ocorre no dia 5 de julho de 2021, quando a distância Terra-Sol será de 152.097.053 km. A diferença entre os dois é de 5.003.451 km (3,3 por cento), e não o suficiente para causar as estações. Mesmo que, nesta época do ano, estejamos o mais perto que podemos chegar do Sol, para o Hemisfério Norte, sempre será inverno.

No sistema solar, planetas, asteroides, a maioria dos cometas e alguns detritos espaciais giram em órbitas elípticas ao redor do sol. Estritamente falando, ambos os corpos se movem em torno de um foco comum que se localiza próximo do corpo mais maciço, denominado baricentro. No caso em que a massa de um dos corpos é de muitas ordens de magnitude maior do que a massa do segundo corpo, então o foco pode estar localizado sob a superfície de um corpo mais massivo, portanto, podemos dizer que um corpo de baixa massa gira em torno de um corpo massivo.

No caso de Júpiter, sua massa é suficientemente grande para que o baricentro do sistema Sol-Júpiter esteja muitas vezes logo além da fotosfera solar, embora sua posição exata dependa das posições relativas de Júpiter, Saturno e outros planetas, cada um dos quais exerce sua influência gravitacional sobre o sistema como um todo.

Figura 7 - Baricentro Sol-Jupiter



Fonte: NASA (2022).

As órbitas dos corpos celestes são o resultado de um intercâmbio complexo determinado pelas massas envolvidas, pela inércia e pela gravidade. Dependendo das

condições iniciais, esse intercâmbio leva a quatro tipos possíveis de órbitas: hiperbólica, elíptica, circular ou espiral.

O primeiro caso ocorre quando um objeto tem uma velocidade inicial tão alta que excede a velocidade de escape que serve para escapar da atração de um corpo mais massivo.

No caso dos planetas, as coisas são diferentes. A velocidade heliocêntrica (ou seja, em relação ao Sol) que cada um deles possui é menor do que o necessário para escapar de sua atração gravitacional. O que acontece é que, conforme um planeta se aproxima do Sol, a gravidade solar o puxa e o acelera continuamente. Portanto, uma vez que o planeta tenha ultrapassado o periélio, que é o ponto de máxima proximidade com o Sol, graças à aceleração recebida, ele tem um excesso de velocidade, o que agora lhe permite se afastar do Sol.

Mas à medida que o planeta está se afastando, a gravidade solar está agindo como um freio desta vez, não mais como um acelerador. O planeta, portanto, vai perdendo gradativamente todo o excesso de velocidade que havia adquirido na fase de aproximação, até atingir uma distância máxima do Sol, na qual não tem mais energia suficiente para se afastar. A partir daí começa a aproximar-se de volta ao Sol, ganhando cada vez mais velocidade, como na etapa anterior.

As órbitas elípticas dos planetas são, portanto, o resultado do fato de que eles têm uma velocidade orbital um pouco menor do que deveriam ter para escapar da atração do Sol na distância em que estão. A Terra, por exemplo, tem uma velocidade orbital média de cerca de 30 km/s, se algo acelerasse nosso planeta a uma velocidade heliocêntrica de mais de 42 km/s, ela poderia escapar da atração gravitacional do Sol.

3.2 MAS POR QUE AS ÓRBITAS PLANETÁRIAS SÃO APENAS ELIPSES E NÃO CÍRCULOS PERFEITOS?

Uma órbita circular é um caso especial de uma órbita elíptica: é precisamente aquela órbita elíptica em que os dois focos (isto é, os dois centros) da elipse coincidem. Para que um corpo celeste orbite outro corpo seguindo uma órbita perfeitamente circular, condições muito especiais e raras devem ocorrer: o planeta deve manter uma velocidade tangencial em todos os pontos da órbita exatamente equilibrada pela aceleração centrípeta devido a atração da gravidade estelar. Se, por

exemplo, a órbita da Terra fosse um círculo perfeito, ela não teria um afélio ou periélio: a velocidade orbital seria exatamente a mesma em qualquer ponto da órbita e a Terra estaria sempre à mesma distância do sol.

Isso não acontece, nem para a Terra nem para qualquer outro planeta do sistema solar, pois as trajetórias orbitais são influenciadas por inúmeras variáveis que criam assimetrias e diferenças inevitáveis. Órbitas perfeitamente circulares são principalmente o resultado abstrato de condições ideais, em vez de condições físicas reais.

Condições reais em sistemas estelares, incluindo o nosso, tornam as órbitas elípticas muito mais prováveis do que as circulares, por pelo menos duas razões:

1. os discos protoplanetários dos quais os planetas nascem nunca são anéis perfeitamente circulares; além disso, podem ser inclinados em relação ao eixo de rotação da estrela e às vezes até descentralizados em relação à posição desta; segue-se que as órbitas dos planetas que se formam dentro deles já são relativamente irregulares e, portanto, forçadas a seguir trajetórias elípticas em vez de circulares;
2. em um sistema multiplanetário como o nosso, a órbita de cada planeta é determinada não apenas pela gravidade do Sol, mas também pela influência combinada de todos os outros planetas; isso não apenas impede que suas órbitas sejam círculos perfeitos, mas também torna a forma elíptica uma mera aproximação.

Em qualquer caso, apesar do peso de todas essas influências combinadas, as órbitas dos planetas do sistema solar, exceto Mercúrio, não estão muito longe da circularidade, como visto anteriormente, a Terra, por exemplo, está a uma distância média do Sol de 150 milhões de km, e tem uma diferença de apenas 5 milhões de km entre o afélio e o periélio: a excentricidade de sua órbita, ou seja, até que ponto ela se afasta a circularidade é de apenas 3,3%.

Uma evidência de que a órbita da Terra não é tão achatada (excêntrica) quanto aparece nos livros didáticos é o fato de vermos o Sol sempre com o mesmo tamanho.

Uma última possibilidade a se considerar é a órbita em espiral. Isso ocorre quando o corpo menor possa ter ou não energia suficiente para efetivamente conter a atração do corpo maior, então ele não pode se manter em uma órbita estável. A cada

passagem sucessiva, a amplitude da órbita aumenta ou diminui, até que a colisão se torne inevitável, ou o corpo se afaste até não sofrer mais atração gravitacional e consequentemente deixar de orbitar o corpo massivo.

Um exemplo de órbita espiral é a da Lua que está se afastando da Terra em aproximadamente 4 centímetros por ano. Embora 4 cm possa não parecer muito, essa pequena diferença durante um período suficientemente longo pode afetar a vida na Terra, fazendo a rotação do nosso planeta diminuir.

As órbitas espirais também podem ocorrer quando dois objetos muito massivos acabam orbitando a uma curta distância um do outro. Um caso típico é aquele que leva à colisão entre dois buracos negros ou entre duas estrelas de nêutrons.

4 ASTRONOMIA NO CURRÍCULO ESCOLAR

No Brasil, o ensino fundamental, médio e superior é orientado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), editados pelo Ministério da Educação.

Além dos PCNs, outro documento de extrema importância para a educação Nacional é o BNCC (Base Nacional Comum Curricular) que “é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais.” (BRASIL, 2017, p. 7).

Esses documentos servem de orientação a prática docente, selecionando quais assuntos são mais relevantes para ser ensinado, desta forma a partir dos conteúdos e habilidades a serem desenvolvidas, os Professores podem esquematizar as suas aulas com a intenção de proporcionar uma aprendizagem significativa.

A fim de pautar o que deve se ensinar, o PCN e as Diretrizes Curriculares do Paraná, trazem pontos básicos com relação ao ensino de Astronomia no Ensino Fundamental e Médio. Para cada área de conhecimento existe um documento específico que apresenta uma proposição detalhada em objetivos, conteúdos, avaliações e orientações didáticas.

Assim os PCN dividem os conteúdos de Física no Ensino Médio, dentro do eixo temático: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Dentro desta temática se inserem os conteúdos de Astronomia, onde são recomendados conteúdos considerados centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes.

Para o 3º ciclo (6º e 7º anos):

- C1 - observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário;
- C2 - busca e organização de informações sobre cometas, planetas e satélites do sistema Solar e outros corpos celestes para elaborar uma concepção de Universo;
- C3 - caracterização da constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida;
- C4 - valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes (BRASIL, 1998, p. 66-67).

Para o 4º ciclo (8º e 9º anos):

C5 - identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério Sul durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra;

C6 - identificação da atração gravitacional da Terra como a força que mantém pessoas e objetos presos ao solo ou que os faz cair, que causa marés e que é responsável pela manutenção de um astro em órbita de outro;

C7 - estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados de um dia e as estações do ano, mediante observação direta local e interpretação de informações deste fato nas diferentes regiões terrestres, para compreensão do modelo heliocêntrico;

C8 - comparação entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica, considerando os movimentos do Sol e demais estrelas observadas diariamente em relação ao horizonte e o pensamento da civilização ocidental nos séculos XVI e XVII;

C9 - reconhecimento da organização estrutural da Terra, estabelecendo relações espaciais e temporais em sua dinâmica e composição;

C10 - valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje (BRASIL, 1998, p. 95-96).

Com isso, o PCN nos leva a crer que a Astronomia merece um tratamento mais aprofundado do que normalmente ocorre nas instituições de ensino. Salientamos aqui a necessidade de atividades práticas e visitas preparadas a observatórios, planetários, associações de astrônomos amadores e museus de Astronomia e de Astronáutica.

Como visto, o PCN é estruturado em ciclos, cada ciclo equivale a 2 séries, já a BNCC é organizada em anos, tornando-se mais específica em relação ao PCN. Na BNCC no eixo Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes, suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles, a seguir os conteúdos que estão presentes na BNCC.

Quadro 3 - Conteúdos de Astronomia para o 6º ano pela BNCC

UNIDADE TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM
Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra em comparação com outros planetas do Sistema Solar. (EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de um bastão (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.

Fonte: Próprio autor.

No 7º ano, não aborda conteúdo específico de Astronomia na BNCC.

Quadro 4 - Conteúdos de Astronomia para o 8º ano pela BNCC

UNIDADE TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM
Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua Água Dinâmicas climáticas	(EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua. Interpretar os fenômenos das marés como consequência da gravitação universal e sua influência nas atividades humanas. (EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.

Fonte: Próprio autor.

Quadro 5 - Conteúdos de Astronomia para o 9º ano pela BNCC

UNIDADE TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM
Terra e Universo	Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar	(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões). (EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal, etc.). (EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares. (EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo para o nosso planeta.

Fonte: Próprio autor.

A Astronomia tem aparecido de forma recorrente e frequente, como um conteúdo a ser ensinado nas escolas de Educação Básica, principalmente nas disciplinas de Ciências da Natureza e Física, se por um lado esse tema esteja em evidência, torna-se preocupante pois como visto anteriormente, geralmente os professores possuem pouca ou nenhuma familiaridade com o tema.

No Estado do Paraná, a Secretaria de Educação tem como orientador para o currículo do Ensino Fundamental e Médio as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE), formulada a partir das discussões realizadas com os professores do Estado do Paraná nos eventos de formação continuada. Os conteúdos básicos estão apresentados por série e devem ser tomados como ponto de partida para a organização da proposta pedagógica curricular das escolas.

Apresenta-se como um esforço da Secretaria de Estado da Educação (Seed), em conjunto com os professores da rede, em estabelecer aquilo que é fundamental que o aluno saiba ao final de cada ano do final do Ensino Médio, por conseguinte o DCE apresenta os conteúdos a serem abordados e as Expectativas de Aprendizagem, entendidas como elementos balizadores e indicadores de objetivos a serem atingidos.

Quadro 6 - Conteúdos estruturantes para o 6º ano e classificação de expectativas

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM
ASTRONOMIA	Universo Sistema solar Movimentos terrestres Movimentos celestes Astros	Ex1• O entendimento das ocorrências astronômicas como fenômenos da natureza. Ex2• O reconhecimento das características básicas de diferenciação entre estrelas, planetas, planetas anões, satélites naturais, cometas, asteroides, meteoros e meteoritos. Ex3• O conhecimento da história da ciência, a respeito das teorias geocêntricas e heliocêntricas. Ex4• A compreensão dos movimentos de rotação e translação dos planetas constituintes do sistema solar.

Fonte: Adaptado de Paraná (2008).

Quadro 7 - Conteúdos estruturantes para o 7º ano e classificação de expectativas

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM
ASTRONOMIA	<p>Astros</p> <p>Movimentos terrestres</p> <p>Movimentos celeste</p>	<p>Ex5• A compreensão dos movimentos celestes a partir do referencial do planeta Terra.</p> <p>Ex6• A comparação dos movimentos aparentes do céu, noites e dias, eclipses do Sol e da Lua, com base no referencial Terra.</p> <p>Ex7• O reconhecimento dos padrões de movimento terrestre, as estações do ano e os movimentos celestes no tocante à observação de regiões do céu e constelações.</p>

Fonte: Adaptado de Paraná (2008).

Quadro 8 - Conteúdos estruturantes para o 8º ano e classificação de expectativas

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM
ASTRONOMIA	Origem e evolução do Universo	<p>Ex8• A reflexão sobre os modelos científicos que abordam a origem e a evolução do universo.</p> <p>Ex9• As relações entre as teorias e sua evolução histórica.</p> <p>Ex10• A diferenciação das teorias que consideram um universo inflacionário e teorias que consideram o universo cíclico.</p> <p>Ex11• O conhecimento dos fundamentos da classificação cosmológica (galáxias, aglomerados, nebulosas, buracos negros, Lei de Hubble, idade do Universo, escala do Universo).</p>

Fonte: Adaptado de Paraná (2008).

Quadro 9 - Conteúdos estruturantes para o 9º ano e classificação de expectativas

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM
ASTRONOMIA	Astros Gravitação universal	Ex12• O entendimento das Leis de Kepler para as órbitas dos planetas. Ex13• O entendimento das leis de Newton no tocante a gravitação universal. Ex14• A interpretação de fenômenos terrestres relacionados à gravidade, como as marés

Fonte: Adaptado de Paraná (2008).

As Diretrizes Curriculares ressaltam que esses conteúdos são conhecimentos fundamentais para a série, e não podem ser suprimidos nem reduzidos, entretanto como visto nas seções anteriores, isso nem sempre é respeitado.

É preciso conceber o currículo não como um conjunto de conhecimento e habilidades, mas como um programa de atividade através das quais esses conhecimentos e habilidades possam ser construídos e adquiridos, que possa gerar interesse dos estudantes e através dos quais possa se atingir nosso objetivo maior que é a aquisição desse novo conhecimento a ele transmitido, levando o aluno a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos adquiridos por ele.

5 RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

Para falarmos de recursos didáticos, temos que entender o que vem a ser a “didática”. Segundo Freitas (2007), esse termo encontra duas definições distintas, bastante usuais. A primeira, que situa a didática como uma das disciplinas da Pedagogia, estuda os componentes do processo: conteúdos, ensino e aprendizagem.

Uma outra definição, é a que considera a didática como o conjunto de princípios e técnicas que se aplicam ao ensino de qualquer componente curricular, estabelecendo normas gerais para o trabalho docente, a fim de conduzir a aprendizagem. Com isso, os recursos didáticos são métodos pedagógicos empregados no ensino de algum conteúdo ou transmissão de informações.

Esses recursos são imprescindíveis para a culminância da prática pedagógica do professor porque abarcam a linguagem verbal, não-verbal, formas, cores e sensações, com o grande poder de transformar a aula em uma atividade prazerosa e menos rotineira, momento em que se deixa de lado um pouco da recepção de conteúdos decorados e se parte para a síntese, abstração mediante elementos concretos e o raciocínio lógico. Ainda convém ressaltar, que mediante aos recursos didáticos, é possível que o aluno se torne mais próximo da realidade que estava distante de sua compreensão.

Atualmente, não nos é possível pensar que um professor se limite apenas às explicações orais em suas aulas, dispensando qualquer recurso didático.

É preciso estar preparado para se adaptar à maneira como as novas gerações tendem a aprender e isso requer diferentes estratégias de ensino e aprendizagem. Assim, se o conteúdo ensinado for visto como algo não importante para o aluno, ele simplesmente não se importa tornando-se resistente em aprender.

No momento que o professor utiliza um recurso didático dentro da sala de aula, ele aproxima os conhecimentos que estão expressos no livro para a realidade do educando. Dessa forma, o professor pode usar o recurso didático para preparar, melhorar ou aprimorar o conteúdo que será trabalhado. São exemplos de recursos didáticos: artigos, apostilas, livros, softwares, sumários de livros, trabalhos acadêmicos, apresentações em PowerPoint, filmes, atividades, exercícios, ilustrações, CDs, DVDs (FERREIRA, 2007). Os professores podem utilizar esses instrumentos didático-pedagógicos para desenvolver um tipo de aula diferente, de

forma mais dinâmica e proveitosa. Quando o professor usa esses recursos, são criadas situações que possibilitam uma aprendizagem significativa, acessível e evita que as aulas se tornem monótonas, rotineiras ou que caiam na mesmice do dia a dia.

As atividades experimentais investigativas caracterizam-se por levar um problema ao estudante, o qual apresentará, a partir de seus conhecimentos prévios, hipóteses, que são suposições ou explicações provisórias para a resolução do problema. O professor, como mediador do processo, identifica, se possível, a existência de modos diferentes de abordar as questões ou de responder a elas, já que muitas ideias vão surgir.

A inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se como uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando mediada pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos. Tais atividades não têm como único espaço possível o laboratório escolar, visto que podem ser realizadas em outros espaços pedagógicos, como a sala de aula, e utilizar materiais alternativos aos convencionais.

Conforme Laburú (2006, p. 5): “[...] o emprego de atividades experimentais, quando embutidas de traços motivadores, contribui de forma importante, ainda que parcial e temporária, para o objetivo de prender a atenção dos alunos.”

Assim de acordo com Paraná (2008), podemos entender como atividade experimental, toda atividade prática cujo objetivo inicial é a observação seguida da demonstração ou da manipulação, utilizando-se de recursos variados, como instrumentos e equipamentos ou de materiais alternativos, a depender do tipo de atividade e do espaço pedagógico planejado para sua realização.

É preciso superar o entendimento de que atividades experimentais sempre devem apresentar resultados verdadeiros. Desse modo, pode-se ampliar a crítica sobre as atividades experimentais espetaculares, coloridas, com efeitos explosivos que invariavelmente alcançam resultados esplêndidos. De fato, tais atividades devem ser consideradas estratégias de ensino que permitam o estudante refletir sobre o conteúdo em estudo e os contextos que o envolvem.

Torna-se necessário que o professor dê oportunidade aos estudantes de exporem suas ideias sobre os fenômenos estudados, a fim de obter um ambiente encorajador para que eles adquiram segurança e envolvimento com aquilo que se

está sendo ensinado.

Logo, se quisermos que professores construam o seu conhecimento sobre a Astronomia, não podemos aqui apresentar propostas didáticas acabadas, mas favorecer um trabalho de “mudança didática”, que possa conduzir este profissional a ampliar seus recursos e modificar suas ideias e atitudes com relação ao ensino.

Quando usamos de maneira adequada, os recursos de ensino colaboram para:

- 1- Motivar e despertar o interesse dos participantes;
- 2- Favorecer o desenvolvimento da capacidade de observação;
- 3- Aproximar o participante da realidade;
- 4- Visualizar ou concretizar os conteúdos da aprendizagem;
- 5- Oferecer informações e dados;
- 6- Permitir a fixação da aprendizagem;
- 7- Ilustrar noções mais abstratas;
- 8- Desenvolver a experimentação concreta.

Embora os recursos mais utilizados pelos professores sejam o quadro e o giz, estes não são tidos como os mais eficientes no processo de ensino e aprendizagem do educando. Assim, no momento que se permite o envolvimento de todos em sala de aula com novas atividades, cria-se um ambiente de socialização das informações, revelando outro ponto importante dos recursos didático-pedagógicos, despertando nos estudantes a curiosidade, a capacidade de observar, de questionar e a vontade de participar das atividades. Todas as experiências lidas (BECKER; STRIEDER, 2011; BRETONES; COMPIANI, 2012; IACHEL; NARDI, 2011; LABURÚ, 2006) durante a realização deste trabalho apontam para resultados positivos na utilização de recursos didáticos.

Logo, o professor deve avaliar previamente em seu planejamento qual recurso didático melhor se emprega para auxiliar no desenvolvimento de sua aula, podendo vir até a construir juntamente com os educandos o instrumento que deseja utilizar, fazendo desse momento um meio de interação com os educandos, sabendo que dessa forma ele possibilitará melhor assimilação do conteúdo

O sucesso dos recursos didáticos empregados nas salas de aula se deve ao fato de ser mais fácil e atrativo para os educandos lidar com os conteúdos de forma dinâmica do que de forma apenas textual, uma vez que há um maior envolvimento

com o conteúdo dado, havendo mais interações com as informações apresentadas.

5.1 RECURSOS DIDÁTICOS DIGITAIS

Com a ascensão do digital em todas as áreas de nossas vidas, estamos vendo um aumento no uso de serviços digitais na aprendizagem, as novas tecnologias são usadas para melhorar o aprendizado tanto em termos de engajamento quanto de eficácia do ensino, a digitalização mudou a forma como vivemos, trabalhamos e interagimos uns com os outros, e continuará a fazê-lo.

Cada nova geração de alunos que ensinamos requer diferentes estratégias de ensino e aprendizagem. Atualmente nossos alunos conhecidos como da Geração Z, nasceram em um mundo cercado de tecnologia.

Existem muitas ferramentas tecnológicas que podem facilitar o trabalho docente e manter os alunos da Geração Z engajados, permitindo assim alguns alunos a oportunidade de praticar mais e a outros avançar quando estiverem prontos para o fazer.

A vantagem das simulações leva os alunos a interagir diretamente com o material, visualizar e resolver os tipos de problemas que podem encontrar em um ambiente real.

Os recursos digitais podem ser uma ferramenta poderosa para aprofundar e apoiar a aprendizagem, integrar o ensino com as novas tecnologias pode apresentar alguns desafios para muitos professores que ainda não se adaptaram à essas inovações, uma questão importante que surge é como utilizar essas tecnologias para promover o aprendizado.

Apesar dos desafios, os benefícios da educação digital para alunos e professores fornecem um impulso significativo para que os professores desenvolvam novas habilidades.

Com isso a inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ambiente escolar apresenta-se como uma alternativa viável que proporciona ao aluno um espaço mais envolvente.

Logo a introdução desses recursos está presente na BNCC:

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2017 p. 557).

Assim buscando atender a demanda da atual geração e proporcionar uma melhor compreensão sobre as orbitas dos planetas, e que o material proposto possa ser potencialmente significativo, propomos o uso de um simulador como recurso didático.

6 METODOLOGIA

O professor tem papel fundamental no processo de ensino, podendo diminuir a distância entre a teoria e a prática, organizando os conteúdos e usando estratégias metodológicas adequadas e material didático significativo.

Nesse sentido, buscamos introduzir a *Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel* no processo ensino-aprendizagem.

David Paul Ausubel foi um psicólogo americano cuja contribuição mais importante para os campos da psicologia educacional, psicologia cognitiva, aprendizagem e desenvolvimento, estudando como nossa aprendizagem é organizada e seus avanços.

Sob a influência de Jean Piaget, Ausubel acreditava que a compreensão de conceitos, princípios e ideias requer raciocínio dedutivo. Da mesma forma, ele acreditava na ideia de aprendizagem significativa em vez de memorização.

A Aprendizagem Significativa é uma aprendizagem relacional. Está ligado a conhecimentos e experiências anteriores, que poderá ser ricamente utilizado na proposição de problemas dos quais possam ser construídos “modelos” que serão úteis para a formação de novos conceitos, assim a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) descreve como os indivíduos aprendem quando novos conhecimentos são integrados em suas estruturas cognitivas com base em conhecimentos prévios relevantes.

Assim a TAS ocorre mediante uma interação de uma nova ideia que faça sentido lógico para o aluno com outra igualmente lógica e relevante, pertencente ao conhecimento que ele já possui “subsunçor”.

Supõe uma modificação ou uma forma de complementar nossos diagramas ou representações da realidade, permitindo assim um aprendizado profundo. Não se trata apenas de dados memorizados, mas de uma estrutura conceitual de como vemos e interpretamos a realidade ao nosso redor.

Ausubel propôs uma série de princípios que o ensino deve seguir para fornecer uma aprendizagem significativa aos alunos, dentre alguns:

- *Levar em consideração o conhecimento prévio.* A aprendizagem significativa é relacional, sua profundidade reside na conexão entre novos conteúdos e

conhecimentos prévios.

- *Sugerir atividades que despertem o interesse do aluno.* Quanto maior o interesse do aluno, mais disposto ele estará para integrar o novo conhecimento em sua estrutura conceitual.
- *Sugira atividades que permitam ao aluno refletir, trocar ideias e debater.* O conhecimento deve ser construído pelos próprios alunos, são eles que, por meio de seu arcabouço conceitual, devem interpretar a realidade material (AUSUBEL, 2003).

No entanto, segundo Moreira (2012, p. 1) “na prática a maioria dessas estratégias, ou a escola de um modo geral, continuam promovendo muito mais a aprendizagem mecânica, puramente memorística, do que a significativa”.

O elemento mais crucial da aprendizagem significativa é como as novas informações são incorporadas à estrutura do conhecimento ao longo do tempo. Do ponto de vista de Ausubel, o professor deve antes preocupar-se em saber quais são os conhecimentos prévios ou as ideias alternativas dos alunos sobre o conceito a ser trabalhado. Essa abordagem pode ser viabilizada por meio de atividades experimentais onde podem ser problematizadas, logo a aprendizagem significativa ocorre quando as ideias novas vão se relacionando na mente do indivíduo de forma não arbitrária e substantiva com as ideias já internalizadas.

Atividades experimentais representam materiais potencialmente significativos, isto é, relacionável de modo não arbitrário e substantivo aos elementos relevantes da sua estrutura cognitiva. Ausubel descreve os materiais potencialmente significativos como outro elemento essencial para a aprendizagem significativa além do conhecimento prévio.

Motivo pelo qual as atividades experimentais são consideradas estratégias didáticas únicas que agregam um aprendizado significativo em sala de aula, capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante.

As aprendizagens na visão de Ausubel (2003) podem ocorrer tanto por descoberta como por recepção, onde elas podem ser descritas como:

- **Descoberta:** o aluno aprende “sozinho”, deve descobrir algum princípio, relação, lei, como pode acontecer na solução de um problema.
- **Recepção:** recebe-se a informação pronta (como em uma aula expositiva) e

o trabalho do aluno consiste em atuar ativamente sobre o material, a fim de relacioná-lo a ideias relevantes disponíveis em sua estrutura cognitiva.

Assim, o docente ao apresentar à sua turma um determinado conteúdo, cada aluno terá uma reação em seu aspecto cognitivo, que é única, a fim de promover uma melhor compreensão sobre o tema Orbitas Elípticas e Sua Real Forma, buscando propor um efetivo ensino e aprendizagem onde novas ideias possam se articular de maneira não-arbitrária e substantiva, foi proposta uma sequência didática para o presente tema utilizando-se de recursos didáticos o uso de um software, que permita por meio da simulação a compreensão formato da órbita dos planetas, e por meio do mesmo fazer alterações na excentricidade e observar o “achatamento” das mesmas.

Acreditamos que por meio de uma atividade com o uso do recurso didático digital, o aluno desenvolva suas habilidades cognitivas e aprenda, de uma maneira mais atraente e significativa, os conteúdos apresentados. Isto é conseguido através da criação de um ambiente no qual os alunos são encorajados a interagir, experimentar conceitos e agir livremente.

Com a aprendizagem significativa, o professor torna-se como um facilitador, ajudando os alunos a experimentar e absorver novas informações.

6.1 ENSINANDO ORBITAS E EXCENTRICIDADE

Como visto anteriormente, constata-se pelos trabalhos e pesquisas que os livros de Física e até mesmo outras fontes como, por exemplo, sites na internet, apresentam as órbitas como elipses com excentricidade exageradas, o Sol fora de sua posição no foco da elipse, tabelas e dados relacionados aos planetas, mas desconexos a seus dados de dimensões, distâncias etc., o que favorece a elaboração de concepções equivocadas por parte dos estudantes.

Ao escolhermos abordagens, estratégias e recursos pedagógicos adequados à mediação pedagógica, procuramos contribuir para que o aluno se aproprie de conceitos científicos de forma mais significativa. A concepção científica envolve um saber socialmente construído e sistematizado, que requer metodologias específicas no ambiente escola.

No trabalho com os conteúdos de ensino, seja qual for a metodologia escolhida, é importante que o professor considere o que os estudantes conhecem a respeito do

tema para que ocorra uma aprendizagem significativa.

A teoria da aprendizagem de Ausubel propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados e por isso precisamos identificar os conhecimentos prévios e concepções alternativas que eles possuem, assim iniciamos com uma atividade de caráter diagnóstico. A verificação dos conhecimentos prévios dos alunos orientará a abordagem dos conteúdos, a forma (metodologia) de desenvolvimento e as estratégias a serem utilizadas, pois, estes conhecimentos se constituem no ponto de partida.

Quando ocorre a ligação entre uma ideia nova e outra já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, o processo que se dá é uma interação e não uma associação. Isto acontece porque tanto a ideia nova, quanto aquela que lhe serviu como âncora, modificam-se em função desta ligação.

Assim como explanado anteriormente e buscando compreender qual a concepção sobre orbitas e a respeito das Leis de Kepler em especial a primeira, em que cada um dos planetas do sistema solar estarão ora mais próximos (periélio) e ora mais distantes (afélio) do Sol ao longo de suas revoluções. Todavia, o que vemos frequentemente é a representação das órbitas planetárias com alta excentricidade, inclusive em figuras que ilustram eclipses, fato que põe em risco a compreensão mais adequada dos fenômenos celestes.

Com a intenção de identificar quais seriam os conhecimentos e concepções que os alunos possuem sobre o tema movimento planetário e as Leis de Kepler, elaborou-se um questionário para tal. Algumas das questões utilizadas neste instrumento de constituição de dados foram retiradas de provas aplicadas nas Olimpíadas Brasileira de Astronomia (OBA).

O desenvolvimento desta atividade contou com a participação de 60 estudantes divididos em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de educação, na cidade de Londrina no estado do Paraná.

A presente atividade foi dividida em três aulas com duração de cinquenta minutos cada, totalizando duas horas e trinta minutos. A carga horária semanal da disciplina de física nas escolas públicas no Paraná são de duas aulas semanais de cinquenta minutos cada, conforme Instrução Normativa Conjunta nº 008/2021 (PARANÁ, 2021). Na escola na qual foi realizado as atividades as duas aulas semanais não são consecutivas, assim entre uma aula e outra pode-se ao final de

cada uma, analisar o andamento e desenvolvimento possibilitando e preparar um melhor encaminhamento conforme o desenvolvimento dos alunos.

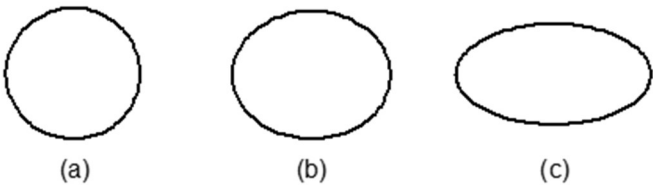
Os alunos foram questionados sobre as três Leis do Movimento de Kepler, bem como sua compreensão do que mantém os planetas em órbita ao redor do Sol, assim, explorar e evidenciar as relações existentes entre os conceitos, a fim de se promover a aprendizagem significativa.

O questionário (Apêndice B) aplicado não somente serviu como um instrumento constituidor de dados, mas também teve por objetivo fazer com que os alunos pensassem sobre a forma e a excentricidade da órbita da Terra. Este exercício é também uma tentativa de fazê-los refletir sobre quanto vale a excentricidade da órbita percorrida por nosso planeta e qual seria a sua melhor representação.

A seguir (figura 8) destacamos uma das questões aplicada nesse primeiro momento.

Figura 8 - Questão aplicada para aquisição de dados.

Questão 2: Qual das alternativas mostradas na figura melhor representa o movimento de translação da Terra ao redor do Sol? Na figura que você escolheu, marque um ponto que melhor represente a posição do Sol.



(a) (b) (c)

Fonte: Própria autor.

Ao analisar as respostas dadas pelos alunos, constatou-se que dos 60 alunos, 42 (70%) assinalaram a letra C, 15 (25%) a letra B e apenas 3 alunos, o que totaliza 5% da amostra pesquisada respondeu corretamente a letra A.

Constatou-se que aproximadamente 95% dos alunos concentraram suas respostas nas duas últimas elipses (da direita) ou seja, as duas que comumente aparece nos livros didáticos de Física para exemplificar a primeira lei de Kepler.

A partir deste levantamento inicial foram propostas duas atividades, e a fim de verificar, se utilizando de outros recursos além do livro e explicação sobre o tema, ocorreria uma aprendizagem significativa, aplicou-se em uma turma as atividades aqui propostas e noutra apenas a apresentação sobre as Leis de Kepler e a excentricidade

de forma expositiva e tendo como material o livro didático.

O tema em questão foi aplicado no início do terceiro trimestre do ano de 2021, assim ao final do trimestre e como forma avaliativa para a composição da nota escolar, aplicamos um questionário (Apêndice C) para verificar se houve uma aprendizagem significativa e comparar os resultados entre as duas turmas.

A atividade realizada utilizando-se de recursos didáticos foi aplicada na turma A, e seguiu o seguinte cronograma (Quadro 10):

Quadro 10 - Cronograma de realização das atividades.

1º	15min para leitura e responder o pré-teste	20min para falar sobre história da Astronomia e sua evolução	15min para explicar sobre as Leis de Kepler
2º	10min explicar sobre eclipse	30min explicação e desenvolvimento da atividade	10min tirar dúvidas e avaliar a atividade
3º	10min explicar sobre o simulador	30min explicação e desenvolvimento da atividade	10min tirar dúvidas e avaliar a atividade

Fonte: Própria autor.

Ambas as atividades estão descritas em forma de um guia para o professor e alunos no apêndice A – *Orbita: Qual a sua real forma*.

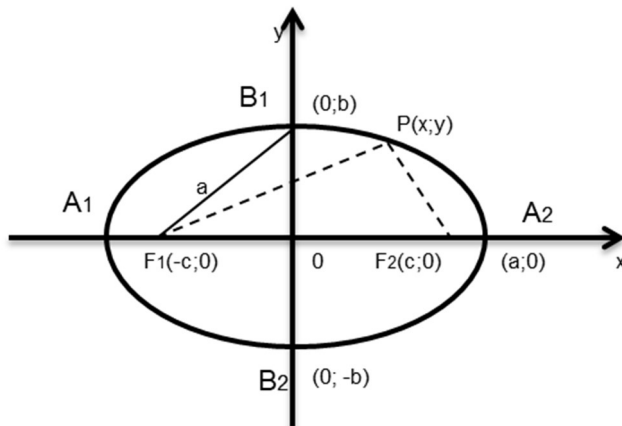
No início da primeira aula foi distribuído aos alunos o questionário que contém um breve texto sobre Kepler e as questões do pré-teste que constituem o levantamento inicial descrito anteriormente. Foi dado um tempo de 15 minutos para leitura e responder.

Após essa parte do pré-teste a aula seguiu sobre a história da Astronomia e as Leis de Kepler e suas implicações

Na segunda aula deu-se início a primeira atividade, que foi a construção de uma elipse em cartolina com a utilização de barbante, que através desta o aluno possa fazer as medidas e cálculos da elipse manualmente.

Para essa atividade foi solicitado que os alunos levassem cartolina, barbante, lápis de cor, alfinete e régua para desenhar a elipse. Foi realizada uma introdução sobre elipse, que consistiu em abordar os aspectos como, foco, eixos e semieixos maiores e menores, e o cálculo referente a sua excentricidade, pois na disciplina de matemática é abordado tal conteúdo mais aprofundado.

Figura 9 - Elipse



Fonte: Próprio autor.

A partir da figura 9, apresentamos aos alunos os seguintes elementos que compõe a elipse, onde a reta que passa pelos focos é chamada eixo focal. O eixo focal intercepta a elipse em dois pontos, A_1 e A_2 , denominados vértices.

A porção do eixo focal delimitada pelos vértices, o segmento A_1A_2 , é denominado eixo maior. O ponto sobre o eixo focal, equidistante dos focos, é denominado centro.

A reta que passa pelo centro perpendicularmente ao eixo focal é chamada de eixo normal.

O eixo normal intercepta a elipse em dois pontos, B_1 e B_2 , e o segmento B_1B_2 é denominado eixo menor.

E a excentricidade de uma elipse é dada pela expressão:

$$e = \frac{c}{a}$$

Onde $0 < e < 1$.

Após essa parte introdutória e a partir dos valores apresentados na figura 10, solicitou-se aos alunos realizassem os cálculos referente as distancias focais, e em uma cartolina traçassem as elipses referentes a cada planeta, cada uma com uma cor diferente e com o eixo focal de no mínimo 50cm como mostrado na figura 11, e todos os desenhos fossem concêntricos a fim de comparar as diversas orbitas.

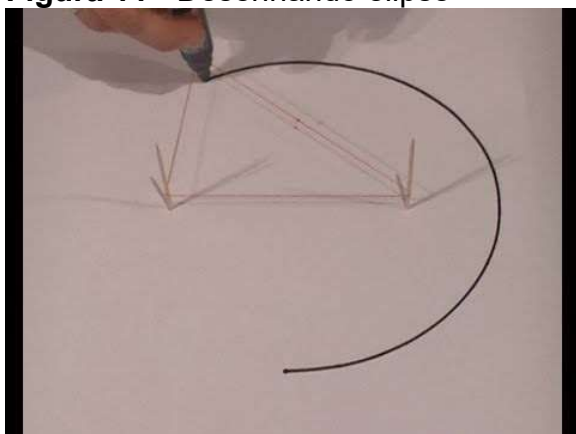
Durante essa atividade foi possível notar que conforme os alunos iam desenhando as elipses surgiram muitas perguntas quanto ao seu formato, pois esperavam que fossem mais achatadas.

Figura 10 - Dados das órbitas dos planetas

PLANETA	Distancia média ao sol (UA)	Excentricidade da Órbita
Mercúrio	0,387	0,206
Vênus	0,723	0,007
Terra	1,000	0,017
Marte	1,524	0,093
Júpiter	5,204	0,048
Saturno	9,58	0,056
Urano	19,14	0,047
Netuno	30,2	0,009

Fonte: Adaptado de Astronomynotes ([2020]).

Figura 11 - Desenhando elipse



Fonte: Próprio autor.

Na terceira aula foi trabalhada uma segunda atividade, com a utilização do simulador *Planetary Orbit Simulator*, disponível no site da Universidade de Nebraska-Lincoln (UNIVERSITY OF NEBRASKA, 2020). A utilização deste simulador deu-se devido ao atendimento do critério no qual a simulação deveria ser interativa, onde o aluno pode alterar vários parâmetros da simulação de maneira a verificar as implicações das alterações feitas nos conceitos físicos representados.

Para a realização desta foi necessário o uso do laboratório de informática para a utilização do simulador.

O simulador pode ser obtido através do site da Universidade de Nebraska-

Lincoln, acessando <https://astro.unl.edu/nativeapps/>, atualmente o aplicativo necessita ser baixado e instalado em um computador contendo os seguintes sistemas operacionais, Windows 32 ou 64-bit e MacOS, não especificando qual versão de cada ou o hardware mínimo.

Na escola que se desenvolveu o presente trabalho, dispõe de laboratório de informática com 20 computadores para uso dos alunos com sistema operacional Linux Educacional 6.2, que utiliza como plataforma o Ubuntu 16.04, mas que através do programa Wine possibilita aplicativos baseados em Windows serem executados no sistema Linux.

Esta simulação ilustra a física das órbitas planetárias e permite ao aluno controlar o tamanho e a excentricidade da órbita, bem como observar as características orbitais de velocidade e aceleração e como essas grandezas variam ao longo das órbitas. Vale ressaltar que o simulador não apresenta o sol ou os planetas em escalas, e que por limitações físicas o semieixo maior assume um valor de até 50ua, uma vez que cobre a maioria dos objetos astronômicos de interesse no sistema solar, a excentricidade limitada ao valor de 0,7.

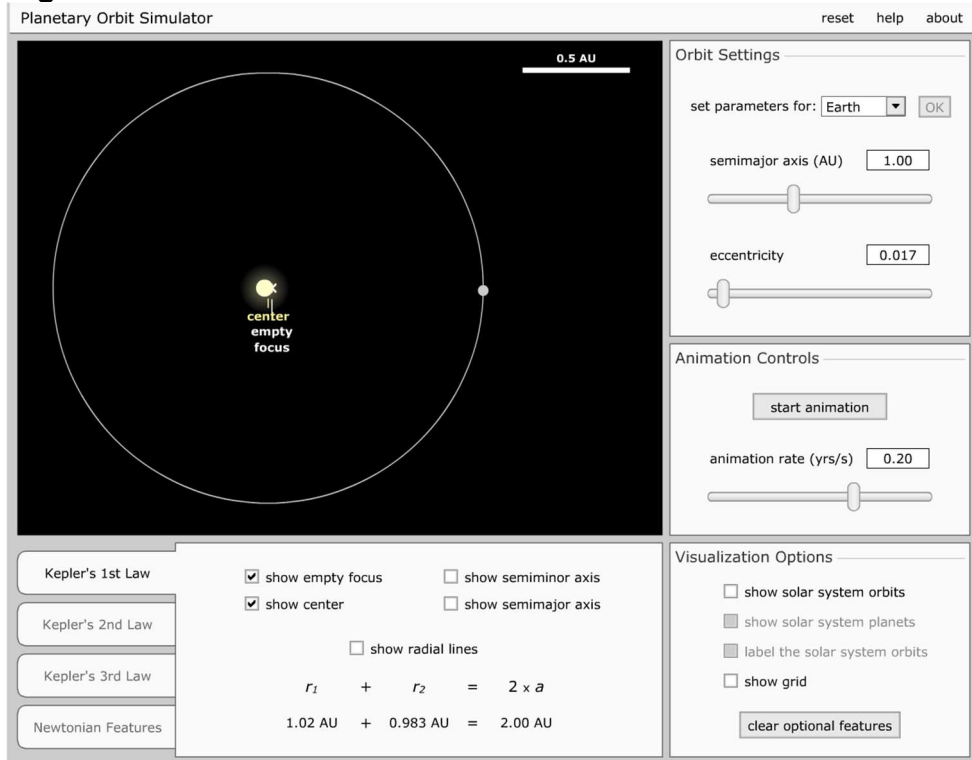
Ambas as atividades estão descritas no Apêndice A – *Orbita: Qual a sua real forma*.

Na figura 12 temos um print da tela do aplicativo aberto após sua instalação, nele é possível selecionar os planetas do sistema Solar, e ele apresenta os respectivos valores do semieixo maior e excentricidade, do lado esquerdo a representação da elipse é mostrada.

Nas caixas de diálogo é possível selecionar entre mostrar ou não uma grade com escala em unidade astronômica, posições do centro, dos focos, entre outros.

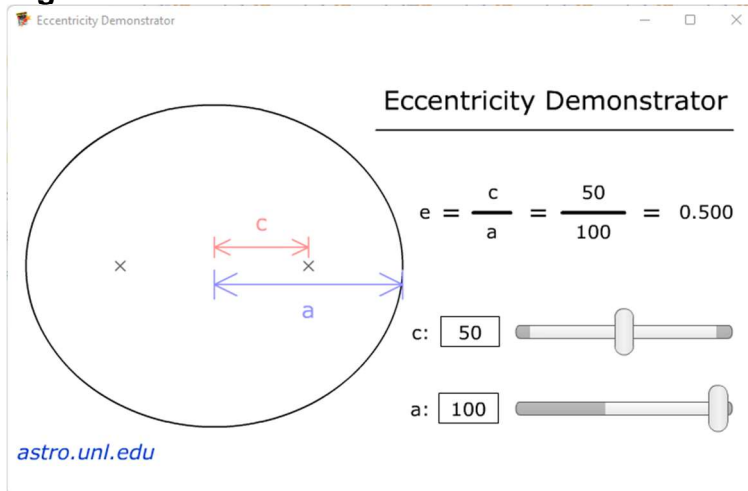
Junto ao programa *Planetary Orbit Simulator*, acompanha outro aplicativo muito útil que é o *Eccentricity Demonstrator*, que através dele é possível variar a distância focal e o valor do semieixo maior, conforme desliza as barras de valores a elipse vai se alterando, sendo também utilizado durante a aula.

Figura 12 - Simulador de Órbita



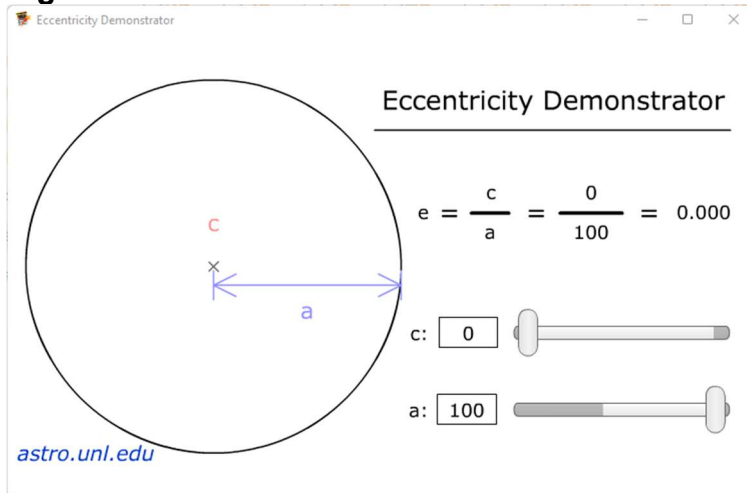
Fonte: PLANETARY.... (2022).

Figura 13 - Demonstrador de excentricidade com $e=0,5$



Fonte: ECCENTRICITY... ([2008]).

Figura 14 - Demonstrador de excentricidade com $e=0$.



Fonte: ECCENTRICITY... ([2008]).

Ao utilizar o aplicativo o aluno tinha em mãos um guia com algumas atividades a serem feitas nos aplicativos e questões que deveriam ser respondidas. Entre elas estão fazer orbitas diferentes como mostrado nas figuras 13 e 14, e calcular os comprimentos R_1 e R_2 .

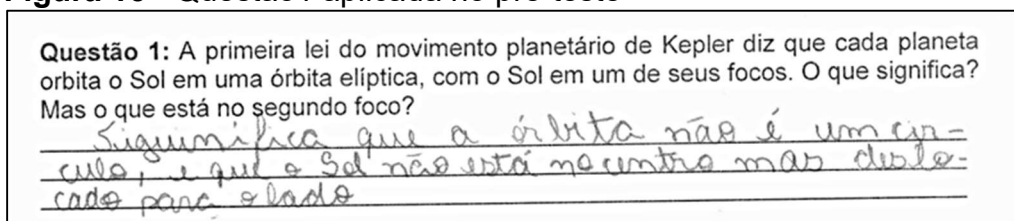
O uso de diferentes recursos foram concebidos para abordar questões por vezes complexas na sala de aula, possibilitar observar as dinâmicas dos movimentos relacionados aos planetas ao redor do sol e as principais características das suas órbitas e estimular o aluno a desenvolver seu cognitivo pensando sobre o que estão fazendo.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir apresentaremos uma análise dos resultados do pré-teste aplicado aos alunos e uma comparação entre o teste final.

A primeira questão (figura 15) buscou conhecer o que o aluno entende por orbitas elípticas e como eles as descrevem. Os alunos foram unânimes 82% em enunciar que a orbita não é um círculo e que o Sol está deslocado com relação ao centro. Poucos citaram que o Sol ocupa um dos focos da elipse e dois escreveram que o outro foco é ocupado por um buraco negro.

Figura 15 - Questão1 aplicada no pré-teste

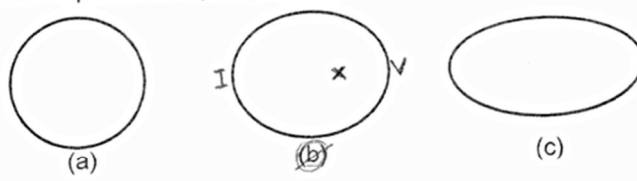


Fonte: Dados da pesquisa.

Na segunda questão (figura 16), como descrito no capítulo anterior, dos 60 alunos, 42 (70%) assinalaram a letra C, 15 (25%) a letra B e apenas 3 alunos, o que totaliza 5% da amostra pesquisada respondeu corretamente a letra A. Na questão três ao questionar o aluno sobre se a trajetória da Terra ao redor do Sol influi nas estações do ano, os alunos foram quase que unânimes (93,3% turma A, 86,7% turma B) em responder que sim, sabe-se que a diferença entre afélio e periélio é de aproximadamente 3,3%, e que as estações do ano são causadas devido ao eixo de inclinação da Terra, mostra que ainda existe a crença que por estar próxima ao Sol (periélio) seja verão e distante (afélio) inverno, não levando em conta que quando em um hemisfério é verão ao mesmo tempo no outro hemisfério é inverno, ocorrendo as duas estações no mesmo período de tempo mas em hemisférios distintos.

Figura 16 - Questões 2 e 3 aplicadas no pré-teste

Questão 2: Qual das alternativas mostradas na figura melhor representa o movimento de translação da Terra ao redor do Sol? Na figura que você escolheu, marque um ponto que melhor represente a posição do Sol.



Questão 3: É possível indicar algum ponto nesta trajetória no qual temos o Verão ou o Inverno? Se sim, marque este ponto na figura da questão 2 e escreva a palavra Verão (ou Inverno).

Sim

Fonte: Dados da pesquisa.

A quarta questão (figura 17), sobre o tempo que a Terra demora para completar sua órbita ao redor do Sol, os alunos responderam 1 ano (60% ambas as turmas) ou 365 dias (33,3% turma A, 36,7% turma B) e apenas três alunos enunciaram 365 dias e 6 horas, pois a soma dessas 6 horas a cada 4 anos aumenta um dia em nosso calendário tendo o ano com 366 dias, ou seja, um dia a mais do que os 365 habituais.

Figura 17 - Questão 4 aplicada no pré-teste

Questão 4: Quanto tempo demora a Terra para percorrer completamente esta trajetória em torno do Sol?

1 ano, 365 dias

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação a duração dos dias, questão cinco (figura 18), alguns alunos (16,7% turma A, 10% turma B) responderam que é possível indicar em qual posição da órbita teríamos um dia mais prolongado associando este ponto ao periélio, onde o correto seria que a duração do dia, ou seja, que permanece iluminado por maior período, depende do eixo de inclinação de rotação do planeta e coincide com o solstício de verão em cada hemisfério.

Figura 18 - Questão 5 aplicada no pré-teste

Questão 5: É possível indicar em qual ponto da trajetória (figura questão 2) teríamos um dia mais prolongado?

não

Fonte: Dados da pesquisa.

Na sexta e última questão (figura 19), com relação ao tempo em que alguma região no nosso planeta permanece iluminado por 24 horas, todos os alunos responderam corretamente em ambas as turmas

Figura 19 - Questão 6 aplicada no pré-teste

Questão 6: Com o conhecimento adquirido por você durante seus estudos responda: é possível durante o movimento da Terra em torno do Sol, ter alguma região na Terra que fique completamente de dia (sob a luz do sol) durante 24 horas? Se sim, poderia explicar?

sim, pois a Terra que inclinada e quando está inclinada para o Sol recebe luz 24 horas.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas dadas pelos alunos de ambas as turmas no pré-teste foram dispostas no quadro 11, na qual pode-se observar que o conhecimento e concepções prévias dos alunos das duas turmas não diferem muito.

Com isso temos que os alunos de certa forma sabem o que é uma elipse, sendo esse um dos subsunçores, logo as atividades envolvendo o uso de recursos didáticos foram elaboradas partindo de situações que eram familiares aos alunos.

Para identificar se houve aprendizagem e se ela foi significativa, na qual o aprendiz demonstra a capacidade de mobilizar os conhecimentos adquiridos em situações diferentes daquelas em que ocorreu a significação inicial da aprendizagem, logo o fato que fornece indícios de que a aprendizagem foi significativa é o tempo de permanência do novo conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz.

Após a primeira aula e a aplicação do pré-teste, em cada uma das turmas as atividades ocorreram de formas distintas, como mencionado anteriormente. Assim, ao final do trimestre, ou seja, 5 semanas após as atividades aqui mencionadas, foi aplicado um questionário (Apêndice C) para verificar se houve uma aprendizagem significativa com a fixação do conteúdo proposto, pelas duas turmas.

No quadro 12 temos a quantidade de alunos que marcaram determinada

resposta e no quadro 13 a proporção de acertos e as comparações entre as duas turmas. É possível observar que na turma A houve um maior número de acertos quando comparada com a turma B onde o método utilizado foi o “tradicional”, lousa e livro didático. Tais resultados mostraram indícios de aprendizagem em relação ao conteúdo trabalhado, com isso podemos inferir que a utilização de outros recursos didáticos trouxe um ganho quanto ao aprendizado mostrando-se eficaz.

Quadro 11 - Respostas dos alunos no pré-teste

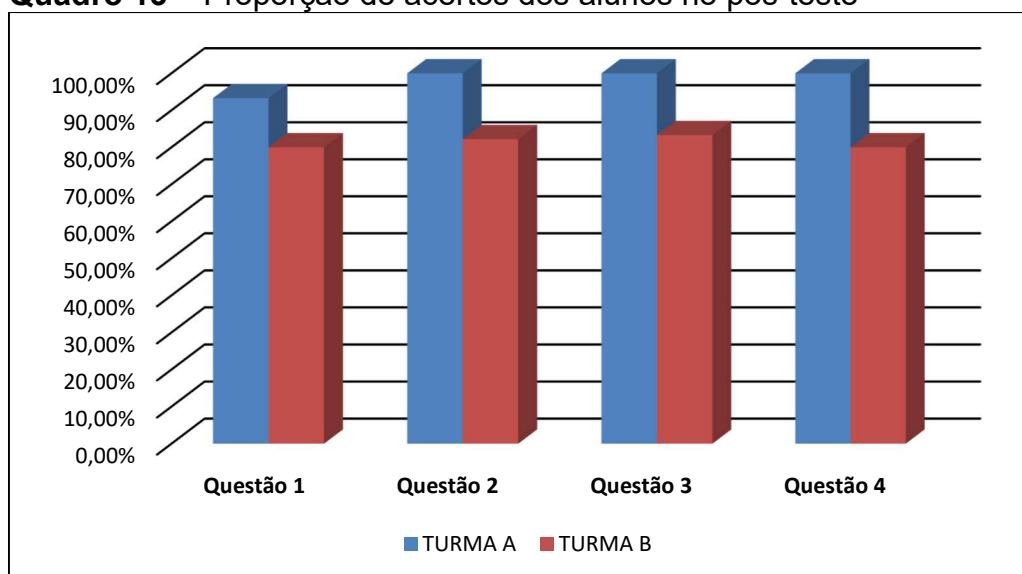
QUESTÕES		TURMA A	TURMA B
1	Elipse com Sol em um dos focos	5	4
	Elipse com Sol deslocado do centro	25	24
	outro foco ocupado por Buraco Negro	0	2
2	A	1	2
	B	8	7
	C	21	21
3	Sim	28	26
	Não	2	4
4	365 dias	10	11
	1ano	18	18
	365dias e 6horas	2	1
5	Sim	5	3
	Não	23	27
	Não respondeu	2	0
6	Sim	18	22
	Sim devido a inclinação do eixo de rotação	12	8

Fonte: Próprio autor.

Quadro 12 - Respostas dos alunos no pós-teste

QUESTÕES	TURMA A	TURMA B	
1	a)	0	1
	b)	2	4
	c)	0	1
	d) correta	28	24
	e)	0	0
2	a) correta	30	22
	b) correta	30	22
	c) errada	0	2
	d) correta	30	30
	e) errada	2	0
	f) errada	0	0
3	a)	0	2
	b)	0	2
	c) correta	30	25
	d)	0	0
	e)	0	1
4	a) correta	30	24
	b)	0	3
	c)	0	3
	d)	0	0
	e)	0	0

Fonte: Próprio autor.

Quadro 13 – Proporção de acertos dos alunos no pós-teste

Fonte: Próprio autor.

Com o uso da simulação pode-se observar um maior engajamento e interesse durante a aula, o uso do simulador foi prático, dinâmico e interativo, onde os alunos puderam fazer modificações dos parâmetros além dos solicitados, assim observou-se que eles estavam realizando modificações além das que lhes foram pedidas havendo assim uma maior interação com o tema proposto.

Os alunos não aprendem apenas com a introdução das tecnologias, mas as tecnologias podem apoiar os alunos no pensamento produtivo e na construção de significado. A introdução de tecnologias mostrou-se positiva e pode se tornar parceira dos alunos em seu caminho de aprendizagem.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O professor deve contribuir para a formação de cidadãos contemporâneos, proativos, com conhecimento para atuar de modo crítico. Assim, o seu papel não deve ser transmitir informações por aprendizagem mecânica, mas sim facilitar o processo de aprendizagem. Isso significa que um bom professor criará aulas que ajudem os alunos a descobrirem a relação entre as informações do que lhe é ensinado com seu ambiente e tentar dar sentido ao que ele percebe.

A priori, um aspecto observado sobre os livros didáticos foi que em grande parte deles a ênfase recai nos aspectos quantitativos em prejuízo dos conceitos, privilegiando a resolução de “problemas de física” que se traduzem em aplicações de fórmulas matemáticas e contribuem para consolidar uma metodologia de ensino centrada na resolução mecânica de exercícios matemáticos.

Sobre isso, as maiores lacunas se apresentaram quanto aos temas relacionados à atração gravitacional e cosmologia, temas os quais alguns professores do ensino fundamental, por não possuírem o conhecimento astronômico necessário, acabam por vezes não os ensinando. A falta de preparo ou afinidade com o assunto e a escassa carga horária dos professores prejudicam o ensino da astronomia, colocando-os de lado e dando espaço para outros temas, fato destacado por Faria e Voelzke (2008).

O mesmo fenômeno citado ocorre também com a temática Terra-vida. Muitos professores não incluem ou não o citam dentro da Astronomia, por considerar um tema correlato à Biologia, que trata da vida, surgimento e evolução. Todavia, sabe-se que ao se trabalhar esse tema dentro da Astronomia, é possível ensinar a profunda ligação que temos com os astros, cuja maioria dos elementos presentes em nossos corpos foram sintetizados a partir dos processos de evolução estelar, especialmente os cataclísmicos eventos de supernovas.

O equívoco mais comum encontrado ao longo da pesquisa realizada foi a persistência da crença de que as órbitas planetárias em torno do Sol são altamente excêntricas. Ideias menos comuns incluem uma mistura de formas orbitais circulares e altamente elípticas. Muitos alunos têm concepções consistentes com a Segunda e Terceira Leis do Movimento de Kepler, e a facilidade com que esses modelos são adotados pelos alunos pode sugerir algumas maneiras de ensinar esses conceitos por

analogia.

Um ponto importante observado diz respeito aos conteúdos propostos pelo PCN, no qual os temas relacionados à Astronomia aparecem a partir do terceiro ciclo do ensino fundamental com algumas práticas observacionais. Pois, se o ensino fundamental é oferecido majoritariamente no período diurno e vespertino, a realização de tal prática sugerida pode ser considerada mais complexa, visto que os estudantes precisariam de auxílio em período noturno para a execução deste exercício.

As estratégias didáticas propostas resultaram na promoção de um melhor processo de ensino aprendizagem nos conteúdos referentes as leis Kepler, além de constituir-se como uma nova forma de interação entre professor e aluno, que proporcionou a relação participativa e ativa entre eles, sendo possível notar ao final de cada proposta apresentada, uma melhora significativa na aprendizagem dos educandos. Isto mostrou que a inserção de novos recursos em sala de aula, seja para o ensino da astronomia ou para o ensino de qualquer conteúdo, no ambiente escolar apresenta-se como uma alternativa viável que proporciona ao aluno um espaço mais envolvente.

Assim o professor pode ter ao seu favor não somente esses materiais/recursos, mas o interesse que a Astronomia desperta nos alunos, o que por sua vez, torna um facilitador no ensino desse conhecimento.

Para ensinar é necessário conhecer bem os conteúdos para que possam ser ensinados adequadamente em sala de aula, o que pode ser conseguido por uma transposição didática e metodologias de ensino apropriadas para cada realidade e que valorizam o pensar do aluno. Com isso, cada tema ensinado deve ser fundamentado, para que façam sentido para o aluno os motivos de se estudar tais assuntos.

A busca por mudanças sempre é necessária e, por essa razão, introduzir o estudo da Astronomia é uma forma de ampliar os conhecimentos dos estudantes e fazê-los relacionar a ciência com o cotidiano. Nesse sentido, o ensino de Astronomia possui um grande potencial ainda pouco explorado.

Muito deve-se avançar para que a Astronomia esteja mais presente no cotidiano escolar. Seria também desejável que os livros didáticos em suas futuras edições apresentassem as devidas correções e propostas didáticas com a utilização de variados recursos.

Ao contrário da maioria das ciências, a Astronomia pode ser apreciada como um hobby no qual astrônomos amadores contribuem com esta ciência para além da escola e ainda auxiliam os campos da educação em astronomia, tanto no ensino quanto na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, Patrícia; OLIVEIRA, Carlos Eduardo Q. V. Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNDL de 2008. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, n. 12, p. 31-55, 2011. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2011.12.031>
- ASTRONOMYNOTES. Planet tables. [S. l.: s. n.], [2022]. Disponível em: <https://www.astronomynotes.com/tables/tablesb.htm>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- AUSUBEL, David. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2009.
- BECKER, Willyan Ronaldo; STRIEDER, Dulce Maria. O uso de simuladores no ensino de astronomia. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 2., 2011, Cascavel. *Anais [...]*. Cascavel: ENINED, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: BNCC*. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: MEC, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.
- BRETONES, Paulo Sergio. *Disciplinas introdutórias e astronomia nos cursos superiores do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Geociência) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/296829008.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.
- BRETONES, Paulo Sergio; COMPIANI, Mauricio. Disciplinas introdutórias e astronomia nos cursos superiores do Brasil. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, Campinas, v. 20, n. 3, p. 61-82, 2001.
- BRETONES, Paulo Sergio; COMPIANI, Mauricio. Saindo da sala de aula para observar os planetas e criar uma nova prática pedagógica. *Experiências em Ensino de Ciências*, Mato Grosso, v. 7, p. 1-13, 2012. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID188/v7_n3_a2012.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022
- CANALLE, João Batista. Garcia. O problema do Ensino da Órbita da Terra. *Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n.2, p. 12-16, 2003

CANIATO, Rodolpho. Ato de fé ou conquista do conhecimento. Um episódio na vida de Joãozinho da Maré. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 31-37, abr./jun. 1983. Disponível em: https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/02/Boletim_Ano_6_N2_1983.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022

DOODY, David. Gravity & mechanics. In: DOODY, David. *Basics of space flight*. Washington: Nasa, [2022]. Chapter 3. Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/basics/chapter3>. Acesso em: 15 jul. 2022.

ECCENTRICITY. Demonstrator (NAAP). [S. l.: s. n., 2008]. Disponível em: <https://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/ellipsedemo.html>. Acesso em: 15 jul. 2022.

FARIA, Rachel Zuchi; VOELZKE, Marcos Rincon. Análise das características da aprendizagem de astronomia no ensino médio nos municípios de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 4402, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442008000400008>

FERREIRA, Gessé Pereira; SILVEIRA, Alexis; SILVA, Leonardo Andrade. A modelagem matemática ao longo da história e o surgimento da modelação matemática no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. *Anais [...]*. Curitiba: SBEM, 2013. Disponível em: http://sbem.iuri0094.hospedagemdesites.ws/anais/XIENEM/pdf/971_903_ID.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

FERREIRA, Sheila Margarida Moreno. *Os recursos didáticos no processo ensino-aprendizagem*. 2007. Memória Monográfica (Bacharelato em Ciências da Educação e Praxis Educativa) – Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Cabo Verde, 2007.

FREITAS, O. *Equipamentos e materiais didáticos*. Universidade de Brasília, Brasília 2007.

GODOY, Leandro; AGNOLO, Rosana Maria Dell; MELO, Wolney C. *Multiversos: ciências da natureza: origens: ensino médio*. São Paulo: FTD, 2020.

IACHEL, Gustavo. *Um estudo exploratório sobre o ensino de astronomia na formação continuada de professores*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

IACHEL, Gustavo; LANGHI, Rodolfo; SCALVI, Rosa Maria Fernandes. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, v. 5, p. 25-37, 2008. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2008.05.025>

IACHEL, Gustavo; NARDI, Roberto. Análise do impacto de um curso de Astronomia na formação continuada de professores da educação básica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Bauru. *Anais [...]*. Bauru: UNESP, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0413-1.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

KITZBERGER, Danilo de Oliveira; BARTELMEBS, Roberta Chiesa; ROSA, Valdir. As diferentes concepções sobre as fases da lua de alunos dos oitavos anos do ensino fundamental de uma escola pública. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, n. 28, p. 67–93, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2019.28.067>

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, n. 2, p. 75-91, 2005a. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2005.02.075>

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Dificuldades em relação ao ensino da astronomia encontradas na interpretação dos discursos de professores dos anos iniciais do fundamental. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, n. 2, p. 75–91, 2005b. DOI: [10.37156/RELEA/2005.02.075](https://doi.org/10.37156/RELEA/2005.02.075)

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 87-111, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>

LEITE, Cristina. *Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia*. 2002. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Educação e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, São Carlos, n. 4, p. 47-68, 2007. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2007.04.047>

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Programa nacional do livro didático e a astronomia na educação fundamental. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, n. esp., p. 2152-2157, 2009.

LIMA JÚNIOR, José Gidauto dos Santos; ANDRADE, José Elisandro; DANTAS, Jeânderson de Melo; GOMES, Luiz Moreira. Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. *Scientia Plena*, Aracajú, v. 13, n. 1, 2017. DOI: [10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012707](https://doi.org/10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012707)

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa?. *Qurriculum*, La Laguna, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

NASA. *What Is a Barycenter?*. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://spaceplace.nasa.gov/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

OBA – OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. *Provas e gabaritos*. [S. l.]: OBA, c2009. Disponível em: <http://www.oba.org.br/>. Acesso em 20 jun. 2021.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

OLIVEIRA, Paulo Henrique Portela. *Leis de Kepler do movimento planetário nos livros didáticos de física do Programa Nacional do Livro Didático de 2014: um estudo à luz de aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos*. 2015. Dissertação (Mestrado em Astronomia) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação e do Esporte – SEED. *Instrução normativa conjunta nº 008/2021*. Dispõe sobre a Matriz Curricular do novo modelo de oferta para o Ensino Médio na rede pública estadual de ensino do Paraná a partir do ano letivo de 2022. Curitiba: SEED, 2021. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2022-01/instrucao_normativa_conjunta_0082021_deducdpgeesed_retificada.pdf. Acesso em: 22 jul. 2022.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica*. Curitiba: SEED, 2008. Disponível: <https://www.educacao.pr.gov.br/Pagina/DCE-2008-2019>. Acesso em: 27 jul. 2022.

PLANETARY Orbit Simulator (NAAP). [S. l.: s. n.], [2008] Disponível em: <https://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>. Acesso em: 15 jul. 2022.

PUZZO, Deolinda. Dificuldades e qualidades na aula de astronomia no ensino fundamental. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 9., 2004, Jaboticatubas. *Anais [...]*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

SANZOVO, Daniel Trevisan; QUEIROZ, Vanessa. Uma proposta do uso de representações semióticas no ensino de astronomia: leis de Kepler e estações do ano. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA*, 2., 2012, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: SNEA, 2012.

TREVISAN, Rute Helena; LATTARI, Cleiton Joni Benetti; CANALLE, João Batista Garcia. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros didáticos de Ciências do Primeiro Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 7-16, 1997.

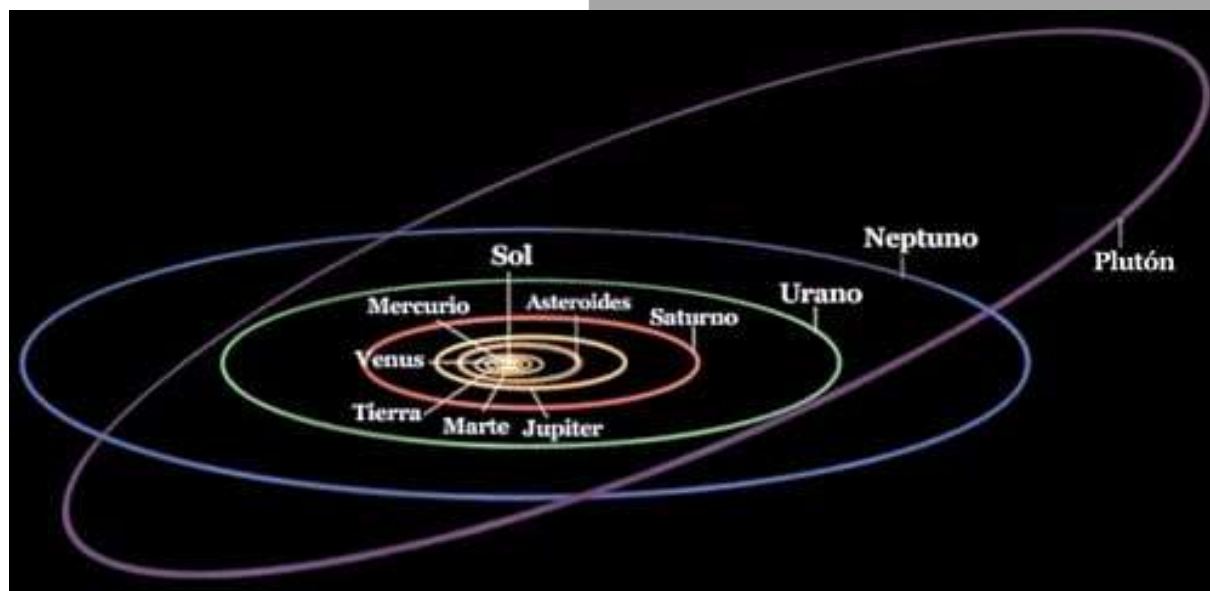
UNIVERSITY OF NEBRASKA. *Astronomy education*. Lincoln: University of Nebraska, 2020. Disponível em: <https://astro.unl.edu/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A

2022

Órbitas: Qual a sua real forma



Alexandre F. de C. e Silva

Órbitas: Qual a sua real forma

Alexandre Ferreira de Castro e Silva

Como os planetas se movem no céu é uma questão que fascina o homem desde os tempos antigos. Muitos modelos foram apresentados ao longo da história.

Até o final do século XVI, o modelo mais importante para o universo, então limitado ao Sistema Solar, era o ptolomaico, que colocava a Terra no centro, e os demais planetas, inclusive o Sol, girando em torno dela com estrelas fixas ao fundo.

Esta visão de universo começou a mudar e ganhar novos ares a partir dos escritos de Nicolau Copérnico (1473-1543), mais precisamente em 1543, com a descrição do sistema copernicano (ou heliocêntrico) no *De revolutionibus orbium coelestium* (Das revoluções das esferas celestes, em tradução livre), publicado em 24 de maio, dia da morte do próprio Copérnico.

Em sua época, Johannes Kepler (1571-1630) publicou seus achados sobre as órbitas dos planetas em dois livros, em 1609 e 1619. Suas descobertas podem ser refinadas em três "leis" famosas e gerais, chamadas de "leis do movimento planetário" de Kepler.

As leis de Kepler se aplicam a qualquer movimento orbital, seja ao redor de um planeta ou de uma estrela, da lua ao redor da Terra, da Terra ao redor do Sol ou de uma estrela ao redor do centro da galáxia.

A primeira lei de Kepler é simples: todas as órbitas dos planetas são elipses, com o Sol em um dos pontos focais. O que isso significa?

De acordo com a primeira lei de Kepler, a órbita de um planeta ao redor do Sol é uma elipse. O Sol está em um dos pontos focais da órbita elíptica. Desta forma a órbita de um planeta nem sempre um planeta encontra-se a mesma distância do Sol. Isso significa dizer que, cada um dos planetas do sistema solar, no curso de sua revolução, estará ora mais próximo ora mais distante do Sol. Isto é, as distâncias dos planetas ao Sol variam continuamente durante suas respectivas revoluções, e para cada órbita existem dois pontos particulares de maior ou menor distância em relação ao Sol, chamados afélio e periélio, respectivamente.

Os temas relacionados a astronomia despertam grande interesse por parte dos alunos, por tratar de algo presente em vários seguimentos do cotidiano. Pensando

nessa questão, os PCN afirmam que:

A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. Propõe-se, no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização (BRASIL, 2002, p. 5-6).

No entanto existe uma desatualização do currículo de Física no Ensino Médio. Oliveira *et al.* (2007) destacam esta desatualização:

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive (OLIVEIRA, 2007, p. 447).

Considerando o assunto mencionado inicialmente, desenvolvemos um Produto Educacional para auxiliar o professor em sua ação docente, no tocante à compreensão e ao ensino relativo às órbitas planetárias e suas reais formas

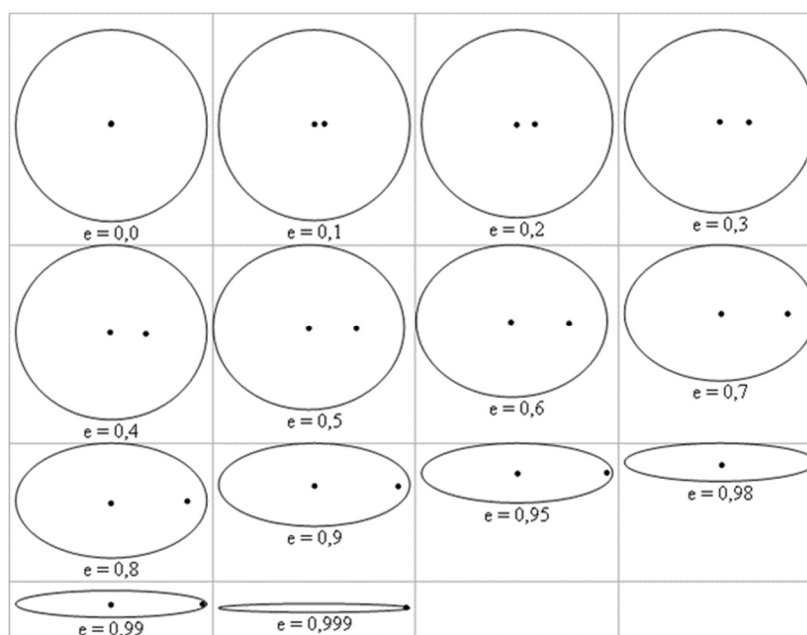
Apesar de vários trabalhos na área de ensino de astronomia apontarem erros, ainda é comum encontrarmos em livros e outros materiais didáticos a representação do Sistema Solar em uma figura na qual as órbitas dos planetas são representadas como elipses muito achatadas (excêntricas), e com o Sol deslocado da sua real posição.

Como motivadora para a criação desta UD, fora pensada a seguinte questão: quão excêntrica precisa ser uma elipse para que sejamos capazes de notar algum “achatamento”? A excentricidade da órbita da Terra é de 0,017 e, portanto, é quase circular. Este fato também se aplica aos outros planetas, com exceção de Mercúrio e Plutão.

A Figura 1 apresenta valores de excentricidade para algumas elipses. Observe que somente a forma com excentricidade igual a 0 se trata de uma circunferência. Todas as outras são elipses – circunferências achatadas. Porém, pode ser um tanto complicado notar o “achatamento” presente em elipses com baixos valores de

excentricidade – mais especificamente com excentricidades que vão até o valor de aproximadamente 0,3. As elipses de baixa excentricidade nos parecem, “a olho nu”, como circunferências.

Figura 1 - Diferentes elipses e suas excentricidades



Fonte: Canalle (2003, p. 14).

Assim fundamentamos a construção desta unidade em uma teoria de aquisição do conhecimento, a Teoria da Aprendizagem Significativa, formulada por Ausubel. Essa teoria procura conhecer a estrutura cognitiva do aluno e, a partir dela, apresentar conceitos de maneira gradual, partindo de conceitos mais amplos para conceitos mais específicos (MOREIRA; MASINI, 2001).

Buscando integrar a escola e os alunos já familiarizados com o mundo digital, conhecidos como Geração Z, composta por aqueles que nasceram entre os anos 90 e 2010. São pessoas que nasceram após o advento da internet e, por isso, possuem muita facilidade em utilizar as ferramentas tecnológicas.

Procuramos inserir o uso da simulação computacional no ensino de Astronomia, tornando o aprendiz parte ativa no processo de ensino e aprendizagem, pois proporciona interatividade que, quando aliada às ideias de Ausubel, permite que o aluno realize atividades conceituais que levam à aprendizagem significativa, ou seja, à aquisição do conhecimento. Além dos benefícios da educação digital para alunos ela proporciona um impulso significativo para que os professores desenvolvam novas

habilidades.

Com isso o ponto de partida para esta teoria de ensino, é o conjunto de conhecimento que o aluno traz consigo para o ambiente escolar, sendo esse um fator importante para uma aprendizagem significativa, que visa a interação entre o já sabido e o novo conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz.

A partir disso é proposto uma atividade inicial a fim de identificar o conhecimento prévio que o educando já possua, e com isso trabalhar duas atividades que permitam o aluno a reconhecer os elementos de uma elipse e suas diferentes formas.

O roteiro foi elaborado para auxiliar o aluno a perceber gradualmente a importância e o funcionamento da simulação, a influência que cada variável tem no fenômeno e quais são as suas restrições, sempre obedecendo à ordem de inclusividade, partindo de conceitos mais gerais para os mais específicos.

Assim o uso de diversificados recursos didáticos pode proporcionar várias possibilidades para que uma aprendizagem significativa ocorra, mudando o contexto atual e promovendo uma inovação do método didático de ministrar aulas de física

Conteúdo

- 1- Breve história dos modelos heliocêntrico e geocêntrico.
- 2- Modelos planetários de Ptolomeu e Copérnico
- 3- Leis de Kepler

Objetivo

Ao final desta unidade didática espera-se que o aluno, através da utilização de recursos como textos e atividades práticas, compreenda o conceito de excentricidade, possa definir uma órbita planetária, também saber que sua forma é elíptica, que o movimento planetário obedece às leis definidas por Kepler e Newton.

Não obstante, também é prioridade que esta unidade favoreça o desenvolvimento de competências e habilidades de acordo com as referências estabelecidas pelos Novos Parâmetros Curriculares Nacionais tais como:

- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas

para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.

- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.

CONTEÚDO

Leis de Kepler – Órbitas planetárias – excentricidade

ESTRUTURA DAS AULAS

Estima-se, para a realização desta unidade, a duração de três aulas de 50 minutos, em ambiente de sala de informática para a utilização dos *softwares* sugeridos.

Aula 1

Na primeira aula buscar conhecer os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o tema, através de um questionário (anexo 1), com o objetivo de verificar se o aluno possui conceitos relacionados a representação das orbitas planetárias ao redor do sol e se esta possui alguma relação com as estações do ano.

A busca desses conceitos será fundamental para o aluno entender, por exemplo, que os planetas possuem um movimento de translação ao redor do Sol e este movimento é descrito por uma elipse onde o Sol ocupa um de seus focos.

Junto ao questionário encontra-se um breve texto sobre a primeira Lei de Kepler, após a aplicação do questionário, enunciar as Três Leis de Kepler introduzindo a história dos modelos heliocêntrico e geocêntrico.

Ao final questiona-se os alunos sobre se, e, como suas perspectivas mudaram a respeito do modelo e movimento planetário? Eles acham que seus pontos de vista podem mudar novamente?

- Objetivo específico

Com essa atividade pretende-se que os estudantes possam diferenciar entre círculo e elipse. Compreender que se a órbita da Terra fosse verdadeiramente excêntrica, conforme indicado nas representações dos livros didáticos, então a vida na Terra seria inviável porque provavelmente teríamos temperaturas de $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ no afélio e $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ no periélio!

- Recursos didáticos

Lousa.

Aula 2

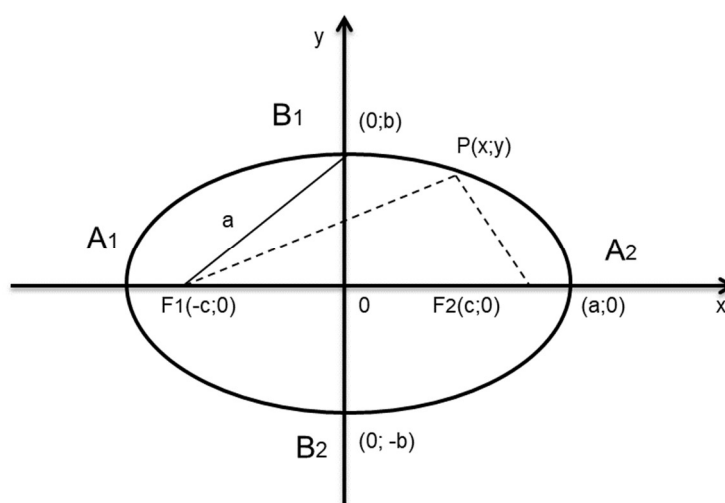
Para essa aula, solicita-se que os alunos tragam cartolina, barbante, lápis de cor, alfinete e régua para desenhar a elipse.

É entregue aos alunos um guia sobre as atividades contendo um breve resumo sobre Kepler e suas Leis.

Partindo do princípio de que toda circunferência é uma elipse com excentricidade igual a zero, descrever as propriedades de uma elipse, aspectos como, foco, eixos e semieixos maiores e menores, e o cálculo referente a sua excentricidade.

Após esta breve introdução à elipse, podemos agora nos dedicar à formulação matemática das leis de Kepler. Começamos com a primeira lei de Kepler

Figura 2 - Elipse



Fonte: Própria autor

Um círculo tem um raio r , uma elipse tem dois chamados semieixos, o semieixo maior a e o semieixo menor b .

Além disso, uma elipse possui dois pontos focais F_1 e F_2 . Sua distância ao centro da elipse é c .

Uma elipse é o conjunto de todos os pontos para os quais a distância P entre dois pontos F_1 e F_2 dados é constante.

Uma vez que o centro O é o ponto médio do segmento retilíneo F_1F_2 , atribuímos a F_1 e F_2 as coordenadas $(-c, 0)$ e $(c, 0)$, respectivamente, sendo c uma constante positiva.

Seja $P(x, y)$ qualquer ponto sobre a elipse. Então, segundo a definição de elipse, o ponto P deve satisfazer a condição geométrica $|F_1P| + |F_2P| = 2a$, onde a é uma constante positiva maior do que c .

A excentricidade de uma elipse é dada pela expressão:

$$e = \frac{c}{a}$$

Ou também no caso das órbitas, pelos valores dos afélios e periélios dos planetas:

$$e = \frac{d_p - d_a}{d_p + d_a}$$

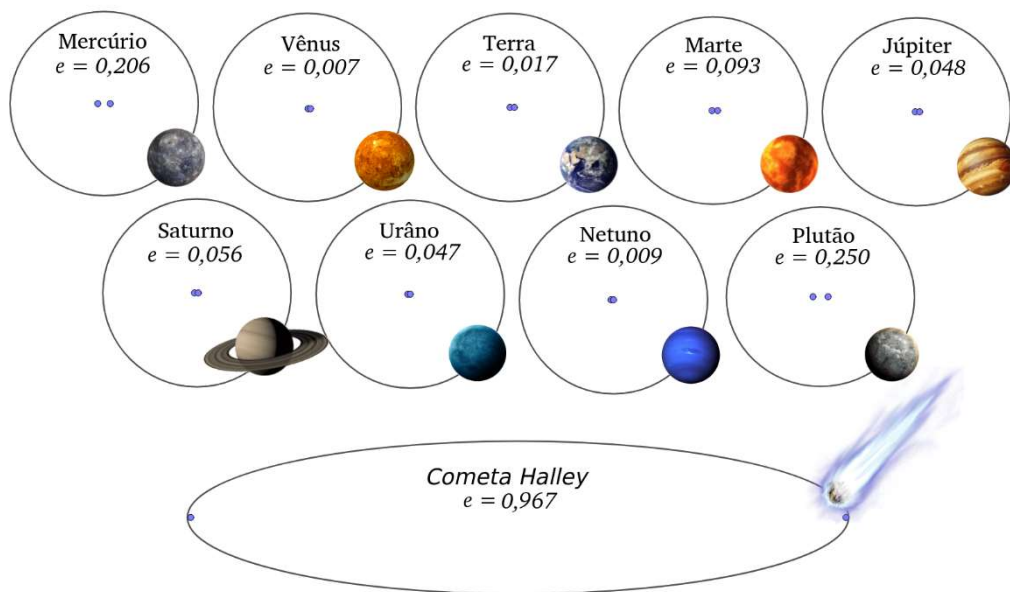
Onde $0 < e < 1$.

Após a parte introdutória, solicitasse aos alunos que realizassem os cálculos das excentricidades de cada planeta a partir dos valores do quadro 1 e também realizem os cálculos referente as distancias focais a partir do valor da excentricidade de cada planeta que consta na figura 3, e em uma cartolina tracem as elipses referente a cada planeta, cada uma com uma cor diferente e com o eixo focal de no mínimo 50cm, e com todas as elipses concêntricas a fim de comparar as diversas orbitas.

Quadro 1 - Valores do afélio e periélio para planeta do Sistema Solar

Nome	Afélio (AU)	Periélio (AU)	Excentricidade
Mercúrio	0,47	0,31	
Vênus	0,73	0,72	
terra	1,02	0,98	
Marte	1,67	1,38	
Júpiter	5,46	4,95	
Saturno	10,12	9,05	
Urano	20,08	18,38	
Netuno	30,44	29,77	

Fonte: Adaptado de ORBITAL... (2020).

Figura 3 - Órbita dos planetas e suas excentricidades.

Fonte: WebFísica (2020)

De acordo com a primeira lei de Kepler, se a elipse que o aluno desenhou representa a órbita de um planeta, o sol estará localizado em um dos focos. Mas o que está no segundo foco? Nada - é apenas um conceito matemático. Ao mover os dois focos perto entre si, a elipse se aproxima do círculo. Podemos continuar esse progresso até que os dois focos se encontrem no mesmo ponto, então a elipse se tornará um círculo perfeito.

- Objetivo específico

Com essa atividade pretende-se que os estudantes possam diferenciar entre círculo e elipse. Compreender qual a melhor representação das orbitas planetárias.

- Recursos didáticos

Lousa, cartolina, lápis de cor e alfinetes.

Aula 3

Nesta terceira aula, faremos uso de um simulador ou experimento que visa à assimilação de conceitos adquiridos com embasamento na teoria da aprendizagem significativa. Na qual os alunos terão que resolver algumas situações problemas, referente ao tema de estudo.

No guia do estudante (Apêndice D) encontrasse algumas atividades referentes ao simulador, mas é sugerido que além das que constam no material do aluno, sugira novas propostas como os exemplos a seguir:

- Crie uma órbita com $a=20u_a$ e $e=0$. Arraste o planeta primeiro para a extrema esquerda da elipse e depois para a extrema direita. Quais são os valores de R_1 e R_2 nesses locais?

	$R_1 (u_a)$	$R_2 (u_a)$
Extrema Esquerda		
Extrema Direita		

- Crie uma órbita com $a = 20u_a$ e $e=0,5$. Arraste o planeta primeiro para a extrema esquerda da elipse e depois para a extrema direita. Quais são os valores de R_1 e R_2 nesses locais?

	$R_1 (u_a)$	$R_2 (u_a)$
Extrema Esquerda		
Extrema Direita		

- Para a elipse com $a = 20 \text{ UA}$ e $e=0,5$, você pode encontrar um ponto na órbita onde R_1 e R_2 são iguais?

- Objetivo específico

Aplicar o conhecimento adquirido nas aulas anteriores e possa resolver problemas referente a elipses e as Leis de Kepler.

- Recursos didáticos

Laboratório de informática, com acesso à internet para acessar o conteúdo utilizando o simulador *Planetary Orbit Simulator*.

AValiação GERAL

Como a aprendizagem significativa é progressiva, torna-se necessário buscar evidências de aprendizagem, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante que o aluno externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas.

Assim, o uso de experimentos gera situações problemas em que os alunos deverão utilizar o que já aprenderam e aplicar o conhecimento nas situações propostas envolvendo desafios a serem resolvidos pelos estudantes.

O professor acompanhará o desenvolvimento da atividade, analisando cada etapa das atividades sugeridas. Ao final pode-se aplicar um questionário (Apêndice C) que considere esse tipo de modificação na estrutura cognitiva.

E por fim uma sugestão de avaliação progressiva (quadro 2) que considera o desenvolvimento do aluno com relação ao tema proposto.

Quadro 2 - Sugestão de avaliação progressiva

O que SABEMOS sobre a maneira como os objetos no céu se movem?	O que QUEREMOS saber sobre como os objetos no céu se movem?	O que temos APRENDIDO sobre a forma como os objetos em movimento céu?
<ol style="list-style-type: none"> 1.O que é uma órbita? 2.Qual é a forma de uma órbita? 3.Todas as órbitas têm a mesma forma? 4.As órbitas são naturais ou feitas pelo homem? 	<ul style="list-style-type: none"> ➤O que queremos aprender sobre as órbitas planetárias? ➤Por que os planetas não viajam em linha reta? ➤O que está no centro de uma órbita? 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ O que é uma órbita? ➤ Qual é a sua forma? ➤ Todas as órbitas têm a mesma forma? Se não, quais formas são possíveis? ➤ Por que os planetas não viajam em linha reta? ➤ As órbitas são naturais ou feitas pelo homem? ➤ Você pode dar alguns exemplos de órbitas? ➤ O que queremos aprender mais sobre as órbitas planetárias?

Fonte: Própria autor

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 2002.

CANALLE, João Batista. Garcia. O problema do ensino da órbita da terra. *Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2003.

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa?. *Qurrriculum*, La Laguna, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

OBA – OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. *Provas e gabaritos*. [S. l.]: OBA, c2009. Disponível em: <http://www.oba.org.br/>. Acesso em 20 jun. 2021.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016>

ORBITAL eccentricity. Disponível em: <https://www.education.com/science-fair/article/orbital-eccentricity/> Acesso em: 20 jun. 2020.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C J. H. Roteiro para Construção de um Planejamento de uma Unidade Didática. Instituto de Física. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

UNIVERSITY OF NEBRASKA. *Astronomy education*. Lincoln: University of Nebraska, 2020. Disponível em: <https://astro.unl.edu/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

WEBFÍSICA.COM. Aula 3.27: Leis de Kepler. 2020 Disponível em: <https://webfisica.com/laravel/public/fisica/curso-de-fisica-basica/aula/3-27> Acesso em: 05 ago. 2022

Apêndice B – Pré-teste

Aluno: _____ Turma: _____

Órbitas dos planetas

De acordo com a primeira lei de Kepler, a órbita de um planeta ao redor do Sol é uma elipse. O sol está em um dos pontos focais da órbita elíptica.

Você pode estar se perguntando como o Kepler teve essa ideia. Desde o início de seu interesse pela astronomia, Kepler se inspirou na visão heliocêntrica do mundo após Copérnico. O ponto de partida a partir do qual Kepler começou a se questionar sobre o universo foi o Sol como o centro em torno do qual os planetas se movem em órbitas circulares.

Kepler era um matemático talentoso. Portanto, ele tentou verificar, teoricamente, os dados experimentais de Tycho Brahe com a ajuda de considerações geométricas. No início, ele usou círculos para o desenho das órbitas. No entanto, ele verificou que os cálculos com círculos diferiam dos dados experimentais.

Na próxima etapa, ele tentou órbitas ovais. Este desenho geométrico funcionou para o movimento da Terra em torno do sol, mas não para o movimento do planeta Marte em torno do sol. Com isso ele também teve que desistir do oval.

Eventualmente, ele decidiu usar elipses para as órbitas. Com este desenho geométrico, os cálculos teóricos coincidiram surpreendentemente bem com os dados experimentais.

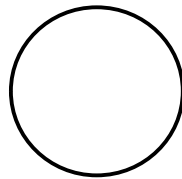
Em suas leis, Kepler simplesmente descreve os movimentos dos planetas e generalizando os resultados das observações. Se você perguntasse a ele o que causava a excentricidade das órbitas ou porque planetas percorrem áreas iguais em tempos iguais, ele não responderia. Simplesmente resultou de sua análise.

A explicação para a hipótese de Kepler ocorreu em 1686, quando o físico britânico Sir Isaac Newton apresentou à Royal Society ideias que poderiam explicar o comportamento elíptico, lei da gravitação universal.

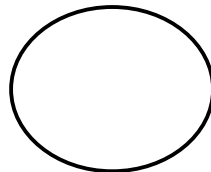
A partir de seus conhecimentos responda as questões a seguir:

Questão 1: A primeira lei do movimento planetário de Kepler diz que cada planeta orbita o Sol em uma órbita elíptica, com o Sol em um de seus focos. O que significa? Mas o que está no segundo foco?

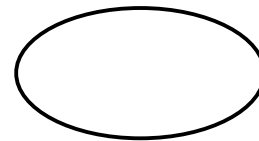
Questão 2: Qual das alternativas mostradas na figura melhor representa o movimento de translação da Terra ao redor do Sol? Na figura que você escolheu, marque um ponto que melhor represente a posição do Sol.



(a)



(b)



(c)

A segunda e a terceira questão tentam verificar as ideias sobre as estações do ano ao logo da trajetória e do período da Terra em torno do Sol:

Questão 3: É possível indicar algum ponto nesta trajetória no qual temos o Verão ou o Inverno? Se sim, marque este ponto na figura da questão 2 e escreva a palavra Verão (ou Inverno).

Questão 4: Quanto tempo demora a Terra para percorrer completamente esta trajetória em torno do Sol?

As duas últimas questões, tentam observar a concepção dos estudantes sobre o fato de que o eixo, imaginário, de rotação da Terra é inclinado com relação ao seu plano da órbita:

Questão 5: É possível indicar em qual ponto da trajetória (figura questão 2) teríamos um dia mais prolongado?

Questão 6: Com o conhecimento adquirido por você durante seus estudos responda: é possível durante o movimento da Terra em torno do Sol, ter alguma região na Terra que fique completamente de dia (sob a luz do sol) durante 24 horas? Se sim, poderia explicar?

Apêndice C – Pós teste

Aluno: _____ **Turma:** _____

1. Sobre as Leis de Kepler e o movimento dos planetas, marque a alternativa correta:
 - a) A velocidade de Revolução dos planetas é constante.
 - b) Quanto maior a distância de um planeta ao Sol, mais rápido ele se movimenta.
 - c) A velocidade de rotação de um planeta não depende da sua distância ao Sol
 - d) Quanto menor a distância de um planeta ao Sol, mais rápido ele se movimenta.
 - e) A velocidade de rotação dos planetas depende unicamente de suas massas.

2. (UFSC) Sobre as leis de Kepler, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s) para o sistema solar.
 - a) O valor da velocidade de revolução da Terra em torno do Sol, quando sua trajetória está mais próxima do Sol, é maior do que quando está mais afastada dele.
 - b) Os planetas mais afastados do Sol têm um período de revolução em torno dele maior que os mais próximos.
 - c) Os planetas de maior massa levam mais tempo para dar uma volta em torno do Sol, devido à sua inércia.
 - d) O Sol está situado em um dos focos da órbita elíptica de um dado planeta.
 - e) Quanto maior for o período de rotação de um dado planeta, maior será o seu período de revolução em torno do Sol.
 - f) No caso especial da Terra, a órbita é exatamente uma circunferência.

3. (UEPB) O astrônomo alemão J. Kepler (1571-1630), adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um trabalho de grande vulto, aperfeiçoando as ideias de Copérnico. Em consequência, ele conseguiu estabelecer três leis sobre o movimento dos planetas, que permitiram um grande avanço no estudo da astronomia. Um estudante ao ter tomado conhecimento das leis de Kepler concluiu, segundo as proposições a seguir, que:
 - I. Para a primeira lei de Kepler (lei das órbitas), o verão ocorre quando a Terra está mais próxima do Sol, e o inverno, quando ela está mais afastada.

- II. Para a segunda lei de Kepler (lei das áreas), a velocidade de um planeta X, em sua órbita, diminui à medida que ele se afasta do Sol.
- III. Para a terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período de rotação de um planeta em torno de seu eixo, é tanto maior quanto maior for seu período de revolução.

Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

- a) apenas as proposições II e III são verdadeiras.
 - b) apenas as proposições I e II são verdadeiras.
 - c) apenas a proposição II é verdadeira.
 - d) apenas a proposição I é verdadeira.
 - e) todas as proposições são verdadeiras
4. (MACKENZIE-SP) De acordo com uma das leis de Kepler, cada planeta completa (varre) áreas iguais em tempos iguais em torno do Sol. Como as órbitas são elípticas e o Sol ocupa um dos focos, conclui-se que:
- I. Quando o planeta está mais próximo do Sol, sua velocidade aumenta.
 - II. Quando o planeta está mais distante do Sol, sua velocidade aumenta.
 - III. A velocidade do planeta em sua órbita elíptica independe de sua posição relativa ao Sol.

Responda de acordo com o código a seguir:

- a) somente I é correta.
- b) somente II é correta.
- c) somente II e III são corretas.
- d) todas são corretas.
- e) nenhuma é correta.

Apêndice D – Guia do estudante

Leis de Kepler

Usando o modelo cosmológico de Aristóteles e Ptolomeu, até 1600 pensava-se que a Terra estava no centro do Universo com o Sol, a Lua e os planetas orbitando-o.

A isso se somava a convicção de que as leis da física terrestre eram completamente diferentes das leis que regulam o movimento dos corpos celestes: estas últimas eram consideradas eternas e perfeitas e seus movimentos deviam ser circulares. A circunferência era de fato a linha perfeita porque era simétrica e não tinha começo nem fim.

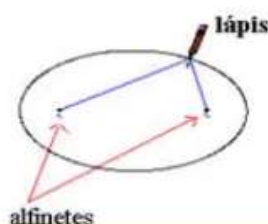
Mesmo o primeiro modelo heliocêntrico (isto é, com o Sol no centro do Sistema Solar), proposto por Copérnico, hipotetizou que as órbitas dos planetas ao redor do Sol eram circulares. Este modelo é capaz de explicar, em suas características gerais, os movimentos observados dos corpos do Sistema Solar.

Porém, o próprio Copérnico percebeu que permaneciam problemas quantitativos, no sentido de que diferentes quantidades, calculadas de acordo com seu modelo, não estavam de acordo com as observações astronômicas (que haviam alcançado um bom nível de precisão).

Esses problemas foram resolvidos por Johannes Kepler, um astrônomo alemão que aperfeiçoou o modelo heliocêntrico desistindo da ideia de que as órbitas dos planetas deviam ser necessariamente circulares.

De acordo com o Kepler, na verdade, as órbitas descritas pelos planetas ao redor do Sol não são círculos, mas elipses. Com este desenho geométrico, os cálculos teóricos coincidiram surpreendentemente bem com os dados experimentais.

A elipse é uma figura plana definida pela seguinte propriedade: a soma das distâncias dos pontos da elipse a partir de dois pontos fixos (chamados focos da elipse) é constante. Isso permite que você desenhe uma elipse em uma folha de desenho usando dois alfinetes, um barbante e um lápis: como pode ser visto na figura abaixo,





Johannes Kepler
(1571-1630)

Astrônomo alemão. Além de descobrir as leis que carregam o seu nome, estudou as leis da ótica e ele foi o primeiro a dar uma explicação correta quanto ao motivo do sucesso das lentes para corrigir defeitos de visão.

Primeira lei de Kepler:

AS ÓRBITAS DOS PLANETAS SÃO ELÍPTICAS, E O SOL OCUPA UM DOS FOCOS.

Estabelece a forma da órbita dos planetas.

Segunda Lei de Kepler:

O RAIOS VETOR QUE UNE O PLANETA AO SOL VARRE ÁREAS IGUAIS EM TEMPOS IGUAIS.

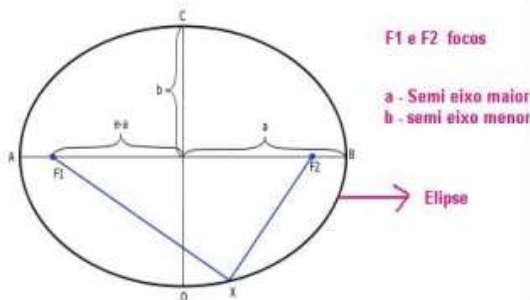
Estabelece como a velocidade de um planeta varia conforme ele se move ao longo de sua órbita.

Terceira Lei de Kepler:

O QUADRADO DOS PERÍODOS ORBITAIS É PROPORCIONAL AOS CUBOS DOS SEMI-EIXOS DAS ÓRBITAS.

Relaciona as distâncias dos planetas ao Sol com as respectivas durações de uma órbita completa.

A distância média Terra-Sol é $1,5 \times 10^8 \text{ km}$ ou 1UA (Unidade Astronômica) e uma revolução da Terra em torno do Sol dura 365,26 d.



A elipse é como um círculo "achatado", cujo "raio" nem sempre tem o mesmo valor. O valor máximo da distância entre o centro da elipse e um de seus pontos é denominado "semieixo maior", o valor mínimo é denominado "semieixo menor" (figura ao lado).

Para estabelecer o quão longe uma elipse se afasta da circunferência, o conceito de excentricidade é introduzido.

$$e = c/a$$

onde c é a distância do centro da elipse de um dos dois focos e a é o eixo semi-maior. Quanto maior a distância entre os focos, mais achatada é a elipse. A excentricidade é sempre menor que 1 e quando a distância c é zero a excentricidade é zero e, portanto, a elipse se torna uma circunferência.

O grande problema é: quão excêntrica precisa ser uma elipse para que notemos o “achatamento”? A excentricidade da órbita da Terra é de 0,017, portanto é quase circular e isso também se aplica aos outros planetas, com exceção de Mercúrio e Plutão.

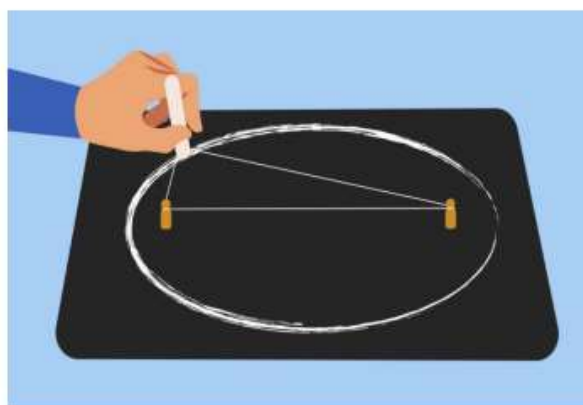
ATIVIDADES

DESENHANDO ELIPSES

MATERIAL:

- 1 placa de isopor 50x50 cm
- 2 folha de cartolina
- 3 barbante
- 4 régua
- 5 alfinetes

AMARRE AS DUAS PONTAS DO BARBANTE (MANTENDO O COMPRIMENTO INTERNO EM $L=25$ CM, NESTE CASO). COLOQUE O BARBANTE EM VOLTA DOS ALFINETES, ESTIQUE-O COM UM LÁPIS OU LAPISEIRA, DESLIZAR O LÁPIS REALIZANDO A CURVA E MANTENDO O BARBANTE SEMPRE ESTICADO.



- A partir do conceito apresentado sobre excentricidade e os dados da tabela 01, faça o desenho de cada órbita com uma cor diferente e compare seus formatos.

Tabela 1: Dados Orbitais¹

PLANETA	Distancia média ao sol (UA)	Excentricidade da Órbita
Mercúrio	0,387	0,206
Vênus	0,723	0,007
Terra	1,000	0,017
Marte	1,524	0,093
Júpiter	5,204	0,048
Saturno	9,58	0,056
Urano	19,14	0,047
Netuno	30,2	0,009

- A Terra tem uma distância média do Sol de $1,5 \times 10^{11}m$, e seu período de revolução vale 365,25 d. Aproximando a órbita da Terra com um circunferência, calcule o valor da velocidade média da revolução da Terra ao redor do sol em m/s.

SIMULADOR DE ÓRBITAS



MATERIAL:

1 Computador com acesso a internet

Você pode acessar o Planetary Orbit Simulator no link abaixo:

<https://astro.unl.edu/nativeapps/>

Ao Iniciar o applet em sua configuração padrão. Você estará na guia *Primeira Lei do Kepler* visualizando uma elipse com $a = 1$ UA e $e = 0,4$.

- Habilite todas as 5 caixas de seleção.
- O ponto branco é o "planeta simulado". Pode-se clicar nele e arrastá-lo ao redor.

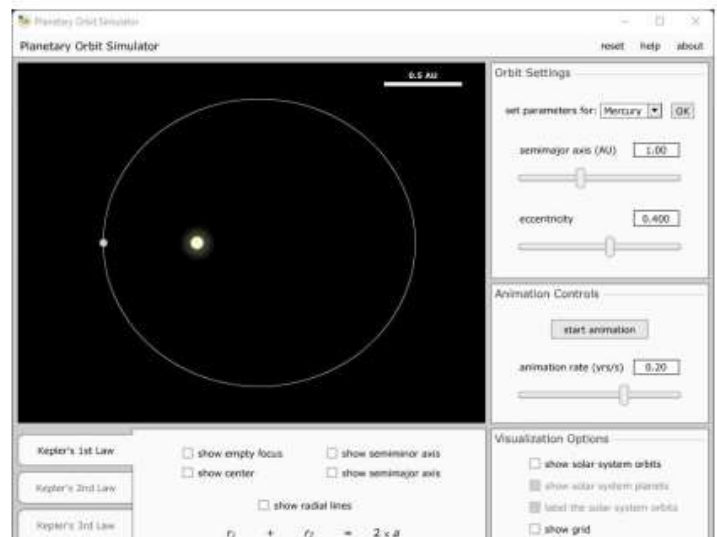
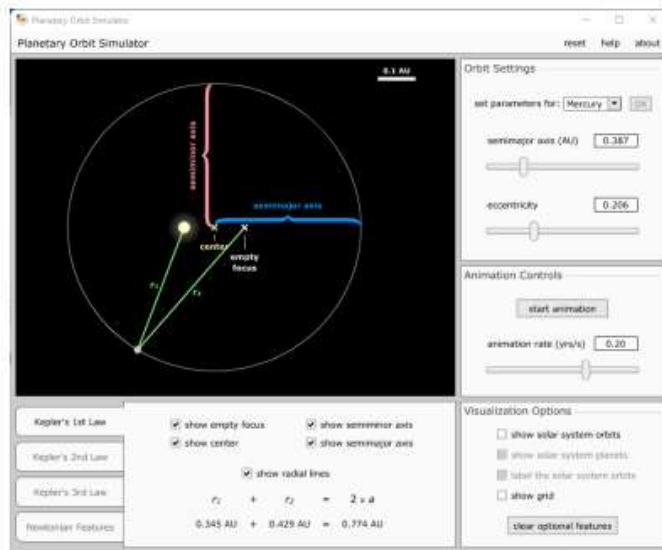


Figura 1: Tela Inicial do Planetary Orbit Simulator (planetas e Sol não estão em escala)

¹ Fonte: <<http://www.if.ufrgs.br/oei/solar/solar04/solar04.htm>>



• Clique em OK para configurar os parâmetros de Mercúrio e depois em start animation no simulador, o planeta começa a orbitar o Sol.

➤ Vá aletrnando os planetas e observe o que acontece com os parâmetros r_1 , r_2 e $2 \times a$

➤ A velocidade permanece a mesma?

➤ Mude a excentricidade e note como ela afeta a forma da órbita.